



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

생활과학박사학위논문

시각과제와 청각과제를 통해 본
학령중기 아동의 인지통제기제:
인지신경학적 연구

2019년 8월

서울대학교 대학원

아동가족학과

박 새 림






시각과제와 청각과제를 통해 본
학령중기 아동의 인지통제기제:
인지신경학적 연구

지도교수 박 혜 준

이 논문을 생활과학박사 학위논문으로 제출함
2019년 5월

서울대학교 대학원
아동가족학과
박 새 림

박새림의 박사 학위논문을 인준함
2019년 7월

위원장	이 강 이	
부위원장	최 나 야	
위원	최 인 화	
위원	이 성 은	
위원	박 능 지 준	

국문초록

이 연구는 시각 및 청각 처리과정에서 학령중기 아동의 인지통제기제가 어떠한 양상으로 나타나는지 인지신경학적 연구방법인 사건 전위(ERP) 분석을 통해 밝히고자 하였다. 아동의 인지통제에 대한 선행연구들에서는 시각 과제 수행의 결과로 나타난 행동 반응에 대한 분석이 주로 이루어졌으며, 시각 및 청각 처리과정에서 나타나는 인지통제의 기제에 대해서는 거의 다루어지지 않았다는 한계점이 있었다. 이 연구에서는 이원 통제 메커니즘(DMC) 모델을 기반으로, 인지통제의 주요 하위 기능인 목표활성화, 갈등 인지, 반응 억제의 양상을 반영하는 세 가지 ERP 요소(P3b, N2, P3a)를 분석하여 시각 및 청각 처리과정에서 나타나는 아동의 인지통제기제를 비교, 규명하고자 하였다.

이러한 연구 목적에 따라 서울 및 수도권 지역에 거주하며 인지통제가 안정적으로 발달하는 시기인 만 9-10세에 해당하는 아동 중, 시력과 청력에 이상이 없는 오른손잡이 아동 19명을 연구 대상으로 선정하였다. 이들을 대상으로 시각 및 청각 AX-CPT 과제를 활용한 뇌파 실험을 통하여 ERP 반응을 측정하였다. 수집된 자료는 뇌파 분석 프로그램 및 SPSS 프로그램에서 기술통계, 반복측정 변량분석, 대응표본 t 검정을 이용하여 통계 처리하였다. 이 연구의 주요 결과는 다음과 같다.

첫째, 아동의 시각과제 수행에 나타난 ERP 요소 분석 결과, P3b의 진폭은 드물게 나타나는 신호(non-A)에서 더 높게, N2와 P3a의 진폭은 기대위반 조건(AY)에서 더 높게 나타났다. 즉, 시각 처리과정에서는 맥락 단서를 처리할 때 목표활성화가 효율적으로 이루어졌으며, 기대위반 조건에서 갈등 인지와 반응 억제가 강하게 수행되었다. 이 결과는 아동이 시각 자극을 처리할 때 선행처리과정을 우세하게 활용한다는 것을 의미한다.

둘째, 아동의 청각과제 수행에 나타난 ERP 요소 분석 결과, P3b의 진폭은 신호유형에 따른 차이가 나타나지 않았으며, N2는 검출되지 않았고, P3a의 진폭은 반응갈등 조건(BX)에서 더 높게 나타났다. 즉, 청각 처리과정에서는 맥락 단서를 처리할 때 목표활성화가 약하게 나타났고, 갈등 인지는 수행되지 않았으며, 반응갈등 조건에서 반응 억제가 강하게 수행되었다. 이 결과는 아동이 청각 자극을 처리할 때 후행처리과정을 우세하게 활용한다는 것을 의미한다.

셋째, 시각과제와 청각과제에서 나타난 아동의 인지통제기제의 차이는, 아동이 두 과제를 모두 원활히 수행하기 위하여 과제 자극의 특성에 따라 서로 다른 처리 전략을 사용하는 것을 보여준 결과라고 할 수 있다. 이러한 차이를 통해 시각 및 청각 처리과정에 따라 아동이 맥락 정보를 활용하는 양상이 다르다는 것을 알 수 있었다. 또한 이 결과는 인지 처리 방향의 관점에서, 아동이 시각 정보를 처리할 때는 하향식 전략을, 청각 정보를 처리할 때는 상향식 전략을 보다 우세하게 사용한다는 점을 시사한다.

이 연구는 인지신경학적 방법론을 통해 시각 및 청각과제에서 나타나는 학령중기 아동의 인지통제 하위 기능의 양상을 규명하고, 과제 자극의 감각 양식에 따라 인지통제기제가 다르게 나타남을 밝혔다. 이 연구의 결과는 신경 수준에서 DMC 이론을 지지하는 증거를 제시하였다. 그리고 시각과 청각을 통한 인지 처리과정이 서로 다른 방식으로 작동한다는 선행연구를 뒷받침하는 새로운 경험적 근거를 제공하였다.

주요어 : 인지통제기제, 사건 전위(ERP), 선행처리과정, 후행처리과정, 시각 및 청각 처리과정, AX-CPT

학 번 : 2011-30487

목 차

I. 문제제기	1
II. 이론적 배경 및 선행연구 고찰	8
1. 아동의 시각 및 청각 처리과정의 특성	8
1) 시각 처리과정의 특성	8
2) 청각 처리과정의 특성	11
3) 시각 및 청각 처리과정에 따른 인지 기능의 특성	13
2. 아동의 인지통제기제에 대한 이론적 관점	16
1) 인지통제의 개념 및 하위 기능	17
2) 이원 통제 메커니즘(DMC) 모델	19
3. 아동의 인지통제기제 연구	21
1) 행동 반응 연구	21
2) 인지신경학적 연구	25
III. 연구문제 및 용어의 정의	34
1. 연구문제	34
2. 용어의 정의	36
1) 목표활성화	36
2) 갈등 인지	36
3) 반응 억제	37
IV. 연구방법 및 절차	38

1. 실험 패러다임	38
1) AX-CPT 패러다임	38
2) 사건 전위(ERP) 요소	41
2. 연구 대상	46
3. 연구 도구	49
4. 연구 절차	57
1) 실험 절차	57
2) 뇌파 측정 과정	60
5. 자료 분석	63
 V. 연구결과 및 해석	 67
1. 행동 반응 분석	67
2. 인지신경학적 반응 분석	72
1) 시각과제의 인지통제 양상	73
2) 청각과제의 인지통제 양상	82
3. 시각 및 청각 처리과정의 인지통제기제 비교	91
 VI. 결론 및 제언	 94
1. 결론 및 논의	94
2. 의의 및 제언	100
 참고문헌	 107
부록	121
Abstract	125

표 목 차

<표 IV-1> AX-CPT 패러다임의 조건유형과 특성	39
<표 IV-2> 참여 아동의 연령 및 성별	48
<표 IV-3> 참여 아동의 지능검사 결과 분포	49
<표 IV-4> 시각 및 청각과제의 자극 구성	51
<표 IV-5> 시각 및 청각과제의 조건유형별 자극 구성	52
<표 IV-6> 전체평균 ERP 파형에 포함된 개인별 평균 시행	63
<표 V-1> 시각 및 청각과제의 정답률	68
<표 V-2> 조건유형에 따른 정답률	69
<표 V-3> 시각 및 청각과제의 반응시간	70
<표 V-4> 조건유형에 따른 반응시간	71
<표 V-5> 시각과제: 전극위치와 신호유형에 따른 P3b 진폭	74
<표 V-6> 시각과제: 전극위치와 조건유형에 따른 N2 진폭	77
<표 V-7> 시각과제: 전극위치와 조건유형에 따른 P3a 진폭	80
<표 V-8> 청각과제: 전극위치와 신호유형에 따른 P3b 진폭	83
<표 V-9> 청각과제: 전극위치와 조건유형에 따른 N2 진폭	86
<표 V-10> 청각과제: 전극위치와 조건유형에 따른 P3a 진폭	88
<표 V-11> 시각 및 청각과제의 ERP 분석 결과 비교	91

그 립 목 차

[그림 II-1] 시각 처리 경로	10
[그림 II-2] 청각 처리 경로	12
[그림 II-3] ERP 산출 과정	27
[그림 IV-1] AX-CPT 패러다임의 ERP 요소	42
[그림 IV-2] 시각 및 청각 AX-CPT 과제의 시행 예	50
[그림 IV-3] 국제 표준 10-20 전극 체계(32채널)	60
[그림 V-1] 시각과제: P3b 전체평균파형	73
[그림 V-2] 시각과제: Fz, Cz, Pz에서 신호유형별 P3b 진폭	75
[그림 V-3] 시각과제: N2 전체평균파형	76
[그림 V-4] 시각과제: Fz, Cz, Pz에서 조건유형별 N2 진폭	77
[그림 V-5] 시각과제: P3a 전체평균파형	79
[그림 V-6] 시각과제: Fz, Cz, Pz에서 조건유형별 P3a 진폭	80
[그림 V-7] 청각과제: P3b 전체평균파형	82
[그림 V-8] 청각과제: Fz, Cz, Pz에서 신호유형별 P3b 진폭	84
[그림 V-9] 청각과제: N2 전체평균파형	85
[그림 V-10] 청각과제: Fz, Cz, Pz에서 조건유형별 N2 진폭	86
[그림 V-11] 청각과제: P3a 전체평균파형	87
[그림 V-12] 청각과제: Fz, Cz, Pz에서 조건유형별 P3a 진폭	89

부 록 목 차

<부록 1> 아동 손잡이 검사	121
<부록 2> EEG 실험 세팅	122
<부록 3> AX-CPT 과제 자극 및 지시문	123
<부록 4> EEG 프로토콜 양식	124

I. 문제제기

아동은 태어나면서부터 시각, 청각, 촉각 등 다양한 감각을 통해 주변 환경과 상호작용한다. 이를 통해 수많은 자극과 정보를 다양한 방식으로 경험하고 통합하면서 성장과 발달이 일어나게 된다. 다양한 감각 중 환경의 정보가 가장 많이 입력되는 통로는 시각과 청각이다. 두뇌 발달과 함께 감각 정보를 처리하고 통합하고 범주화하는 과정에서 아동의 감각 정보처리가 정교해진다. 시각과 청각을 통하여 이루어지는 감각 정보처리는 아동이 환경의 정보를 부호화하고 해석하기 위한 첫 번째 과정이며 아동기에 발달하는 고차원적인 인지 처리과정, 특히 인지통제 발달을 위한 토대가 된다.

인지통제(cognitive control)는 아동의 인지 발달 과정에서 매우 중요한 의미를 갖는다. 인지통제는 목표를 달성하기 위하여 아동이 자신의 사고와 행동을 스스로 조절하고 통합하는 능력으로 정의될 수 있다 (Braver, 2012; Braver, Gray, & Burgess, 2007). 아동의 인지통제는 다양한 발달 영역과 폭넓게 관련되어 있는데(Eisenberg & Sulik, 2012), 특히 학습준비도, 학업 성취 및 학교적응과 같은 학령기 아동의 발달과업과 밀접한 관련이 있다(Akkinson & Braddick, 2012). 따라서 학령기 아동의 인지통제기제를 규명하고 이를 통한 교육적 중재가 이루어지기 위해서는 인지통제의 발달적 특성과 기제에 대한 연구가 활발히 수행될 필요가 있다.

그 동안 인지통제에 대하여 상당한 이론 연구 및 실험 연구들이 수행되었다. 선행연구들은 인지통제의 다양한 하위 기능들(예, 억제, 작업기억 등)을 중심으로 개념 분류 체계를 정교화하거나(Koechlin, Ody, & Kouneiher, 2003; Miyake et al., 2000), 인지통제를 중재하는 전전두엽

영역이 어떻게 조직화되어 있는가를 연구하였다(Botvinick, Cohen, & Carter, 2004; Braver & Ruge, 2006; Kane & Engle, 2003; Miller & Cohen, 2001; Morton, Bosma, & Ansari, 2009). 이와 같은 맥락에서 아동의 인지통제의 발달 특성을 살펴본 연구들은 만 3-6세 사이 전두엽의 급속한 발달과 더불어 인지통제의 하위 기능들이 빠른 속도로 발달하며, 만 10-12세경에는 성인과 유사한 수준으로 과제를 수행한다는 것을 밝혀내었다(Welsh, Pennington, & Groisser, 1991). 즉, 이러한 연구들은 연령이 증가함에 따라 아동의 인지통제 과제 수행의 효율성이 향상된다는 것(예, 정답률 증가, 반응시간 감소)을 규명하였다(Bartgis, Lilly, & Thomas, 2003; Best & Miller, 2010). 이와 같은 선행연구들은 아동의 인지통제를 구성하는 하위 기능을 밝히고, 각 기능들의 발달적 변화에 대해 논의하였다는 의의가 있다. 하지만 이러한 연구들에는 몇 가지 한계가 있다.

먼저, 대다수의 인지통제 연구가 아동의 시각 처리과정을 중심으로 이루어졌다. 이 때문에 청각 처리과정에서 나타나는 인지통제의 특성에 대해서는 거의 밝혀지지 못하였다. 또한, 선행연구들은 아동의 인지통제 과제 수행의 결과를 분석하였을 뿐, 그 이면에 존재하는 인지통제의 기제를 밝혀주지는 못하였다. 이에 따라 선행연구들에서 활용한 인지통제 과제들은 다른 인지 처리과정들을 포함하는 문제¹⁾가 있어서(Miyake et al., 2000), 연구 결과를 인지통제에 국한하여 해석하기 어렵다는 한계를 안고 있다. 뿐만 아니라, 아동을 대상으로 하여 인지통제기제를 규명한 선행연구는 주로 연령에 따른 발달적 차이에 초점을 두었으며, 인지통제

1) Task-impurity problem: 스트룹 과제 Stroop task)를 예로 들면, 색상-단어가 일치 또는 불일치하는 조건에서 색상의 이름을 말해야 하는 과제로 선택적 주의 또는 억제 기능이 관여하는 것으로 알려져 있다. 이 과제에서 일치조건보다 불일치조건에서 오류율 또는 반응시간이 증가하는 경향을 보이는데, 인지통제와 관련 없는 색상 처리, 발화 속도 등이 과제 수행에 영향을 미칠 수 있다(Miyake & Friedman, 2012).

기제의 활용에 영향을 미치는 변인에 대해서는 아직 충분한 연구가 수행되지 못하였다.

이에 따라 이 연구에서는 다음과 같은 측면에 초점을 두어 선행연구의 한계점을 극복하고자 한다. 첫째, 기존 연구들에서 충분히 연구되지 못했던 청각 처리과정에 따른 인지통제기제의 특성을 규명하고, 시각 처리과정과 비교 분석하고자 한다. 아동의 인지통제에서 중요한 인지적 기반은 추상적인 목표를 내적으로 활성화하고 유지하는 능력이며, 이를 효율적으로 수행하기 위한 핵심 요소는 주의와 작업기억이다(Braver, 2012). 선행연구에 따르면 시각과 청각은 서로 다른 두뇌 신경회로를 통하여 감각 자극을 처리할 뿐만 아니라, 주의 및 작업기억과 같은 인지 기능에 있어서도 서로 다른 모듈을 기반으로 하여 작동하는 것으로 나타났다(Baddeley, 2003; Lin, Lee, Chang, & Hong, 2014). 이러한 결과들을 통해 아동의 시각 및 청각 처리과정에서 인지통제기제가 다르게 나타날 것으로 예측할 수 있다.

둘째, 아동의 과제 수행 과정에 나타나는 인지통제의 기제를 규명하기 위하여 이 연구에서는 인지신경학적 모델을 적용하고자 한다. 이러한 관점에서 제안된 이원 통제 메커니즘(dual mechanisms of control, 이하 DMC) 모델(Braver, 2012; Braver et al., 2007)에 따르면, 인지통제는 선행처리과정(proactive control process)과 후행처리과정(reactive control process)의 두 가지 기제로 구분될 수 있다. 이 두 가지 하위 기제는 자극 정보처리의 서로 다른 특성을 반영하고 있다. 선행처리과정은 자극이 나타나기 전에 목표와 관련된 맥락 정보를 활성화하고 반응을 준비하는 하향식(top-down) 통제기제를 의미한다. 반면 후행처리과정은 맥락 정보를 활용하여 반응을 미리 준비하기보다는 자극이 나타난 후 필요에 따라 목표와 관련된 정보를 인출하여 재활성화하는 상향식(bottom-up) 통제

기제이다. DMC 모델에 따른 인지통제의 과정을 살펴보기 위한 대표적인 실험 패러다임으로 AX-CPT 패러다임이 있다(Braver et al., 2007). AX-CPT 패러다임은 전통적인 연속수행검사의 변형된 버전으로, 연속수행검사에 반응 억제를 측정하는 Go/No-Go 패러다임을 적용한 과제이다. 이 패러다임을 통해 DMC 모델의 선행처리과정과 후행처리과정을 동시에 살펴볼 수 있으며, 이를 통해 아동이 어떤 통제기제를 우세하게 사용하는지 확인할 수 있다. 이 연구에서는 AX-CPT 패러다임을 이용하여 아동의 인지통제기제의 특성을 규명하고자 한다.

셋째, 아동의 인지통제기제의 특성을 규명한 선행연구에서 충분히 다루어지지 못했던 과제 자극의 감각 양식을 변인으로 하여, 감각 정보처리과정의 유형을 시각 및 청각 처리과정으로 구분하고 이에 따른 인지통제기제의 특성을 밝히고자 한다. 아동의 인지통제기제와 관련된 선행연구들은 아동의 선행처리과정과 후행처리과정의 사용에 영향을 미치는 변인으로 주로 연령에 따른 발달적 차이에 초점을 두었다. 일반적으로 아동의 발달과정에서 후행처리과정이 선행처리과정보다 먼저 나타나는데, 그 이유는 선행처리과정이 유아기와 아동기에 걸쳐 나타나는 전두엽의 성숙 및 목표 표상 능력 발달에 따른 고차원적 인지 기능이기 때문이다(Munakata, Snyder, & Chatham, 2012). 선행처리과정으로의 발달적 전이는 유아기(만 5-6세경)에 나타나며(Lucenet & Blaye, 2014), 학령중기(만 9세 이상)에는 선행처리과정을 안정적으로 사용할 수 있는 것으로 알려져 있다(Chatham, Frank, & Munakata, 2009; Lorschbach & Reimer, 2010). 아동은 연령이 증가함에 따라 이 두 통제기제를 과제의 특성에 맞게 효율적으로 활용할 수 있게 된다(Chevalier, Martis, Curran, & Munakata, 2015). 일부 연구들에서는 작업기억(Lorschbach & Reimer, 2010), 운동 능력(Kamijo & Masaki, 2016)과 같이 아동 개인 변인에 따

른 인지통제의 특성을 살펴보았다. 그 결과 작업기억이 우수할수록, 또한 운동 능력이 우수할수록 선행처리과정을 우세하게 사용하는 것으로 나타났다.

그러나 성인에 비해 아동을 대상으로 하여 인지통제기제의 활용에 영향을 미치는 요인에 대해서는 아직 충분한 연구가 수행되지 못하였다. 또한 선행연구에서는 DMC 모델을 기반으로 아동 개인 변인에 따른 인지통제기제의 차이를 분석했을 뿐, 과제 변인에 따른 개인 내 차이를 규명한 연구는 거의 찾아볼 수 없었다. 그런데 인지통제기제는 과제의 특성에 따라서도 그 양상이 다르게 나타날 수 있다(Chiew & Braver, 2017). 과제 변인에 따른 인지통제의 특성을 연구하는 것은 아동이 과제 맥락에 따라 어떠한 인지통제기제를 활용하는지를 밝혀줄 수 있을 뿐만 아니라, 아동의 인지 발달 및 교육적 중재를 위한 함의를 제공해줄 수 있다.

한편, 선행연구들에서 사용한 인지통제 과제들은 일부 하위 기능에만 초점을 두고 있기 때문에 다양한 하위 기능들이 인지통제 과정에 어떠한 양상으로 작용하는지는 살펴보지 못하였다는 한계가 있었다. 이를 보완하기 위하여 이 연구에서는 인지통제의 주요 하위 기능들이 나타나는 양상을 통해 아동의 인지통제의 특성을 규명하고자 한다. 선행연구에 따르면(Morales, Yudes, Gómez-Ariza, & Bajo, 2015), 아동이 인지통제를 수행할 때 활용하는 하위 기능에는 목표활성화, 갈등 인지, 그리고 반응 억제제가 있다. 이러한 하위 기능들은 이 연구에서 활용하는 AX-CPT 패러다임을 통해 살펴볼 수 있으나, 아동의 과제 수행에 대한 행동 반응을 분석하는 것만으로는 한계가 있다. 행동 반응은 과제 수행의 최종 단계인 반응 단계에서만 측정되기 때문이다.

이 연구에서는 아동의 인지통제 과제 수행 과정을 실시간으로 측정할

수 있는 인지신경학적 연구방법인 뇌파측정법(electroencephalogram, 이하 EEG)을 활용하고자 한다. 선행연구에서는 주로 반응시간 등과 같은 행동 반응 측정을 활용하여 인지통제를 연구하였기 때문에 아동의 인지통제기제를 직접적으로 분석할 수 없었다. 또한 매우 빠른 속도로 진행되는 인지 처리과정을 실시간으로 분석할 수 없다는 한계점이 있다. 이 연구에서 활용하는 뇌파측정법은 두뇌의 인지 활동을 msec(1/1,000초) 단위로 측정할 수 있기 때문에 인지 과제 수행 시 자극 처리과정의 양상을 세밀하게 분석할 수 있다. 특히, 다른 뇌 영상 방법론에 비해 실험 참여에 따른 아동의 부담이 적기 때문에 아동의 고차원적 인지 기능의 특성을 살펴보는 연구에 활발히 적용되어 왔다(Downes, Bathelt, & de Haan, 2017). 그러나 아직 이러한 방법론을 활용하여 시각 및 청각 처리에 따른 아동의 인지통제기제의 특성을 분석한 연구가 국내 연구는 물론 국외 연구에서도 수행된 예를 찾아보기 힘들다. 따라서 이 연구는 뇌파측정을 통해 아동의 인지통제기제를 분석함으로써 기존 연구의 한계를 극복하는 데 기여하고자 한다.

이상의 문제제기에 따라, 이 연구에서는 시각 및 청각 처리과정에 따른 아동의 인지통제기제를 규명하기 위하여 학령중기에 해당하는 만 9-10세 아동을 대상으로 실험 연구를 수행하고자 한다. 만 9-10세 아동을 연구대상으로 한 것은 이 시기가 되면 아동의 선행처리과정이 안정적으로 발달하기 시작하며(Lorsbach & Reimer, 2010), 과제의 요구에 따라 다른 인지통제 전략을 사용할 수 있게 되기 때문이다(Chevalier et al., 2015). 또한 학령중기는 청각에 비해 비교적 느리게 발달하는 시각 발달이 완료되는 시기이기도 하다(Wright, 2006). 이 연구는 학령중기 아동을 대상으로 인지신경학적 방법론과 AX-CPT 패러다임을 활용하여 실험을 수행하고, 이를 통해 시각 및 청각 처리과정에 따라 인지통제기제가 작

용하는 양상을 규명하고자 한다. 이 연구의 결과를 통해 학령중기 아동의 인지통제의 신경학적 기제에 대한 이해를 확장시킬 수 있을 것으로 기대한다.

Ⅱ. 이론적 배경 및 선행연구 고찰

이 장에서는 앞에서 제기된 연구의 필요성을 토대로 구체적인 연구문제를 도출하기 위하여 먼저, 아동의 시각 및 청각 처리과정의 특성을 살펴보고 이를 통해 시각 및 청각 처리과정에 대한 종합적인 분석의 필요성을 제시하고자 한다. 다음으로, 이러한 분석을 위한 인지 처리과정의 대상으로서 인지통제를 살펴보게 된다. 여기에서는 인지통제의 개념과 하위 기능을 제시하고 이 연구의 이론적 토대가 되는 이원 통제 메커니즘(DMC) 모델을 고찰한다. 마지막으로, 이 연구의 주제와 관련 있는 선행연구들을 검토한다. 이러한 논의 과정을 통해 이 연구의 구체적인 연구문제를 도출하게 될 것이다.

1. 아동의 시각 및 청각 처리과정의 특성

아동은 시각, 청각, 촉각 등 여러 감각 기관을 통해 외부의 수많은 자극과 정보를 다양한 방식으로 경험하게 되는데, 외부의 정보가 가장 많이 입력되는 통로는 시각과 청각이다. 시각 및 청각 처리과정은 아동의 인지 처리에 1차적으로 영향을 미치며 고차원적 인지 기능의 토대가 된다고 할 수 있다. 먼저 시각 및 청각 처리과정의 특성을 살펴보고, 감각 양식에 따른 인지 기능의 특성을 밝힌 연구들을 구체적으로 검토하겠다.

1) 시각 처리과정의 특성

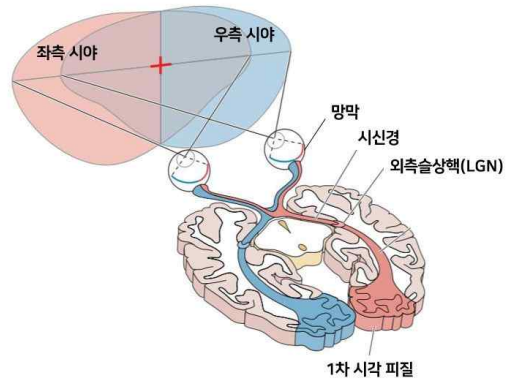
인간의 뇌에서 시각 정보처리는 고도로 발달되어 있으며 시각 처리과

정에 관여하는 신경계는 피질의 매우 큰 부분을 차지하고 있는 것으로 알려져 있다(Banich & Compton, 2011). 따라서 시각 처리과정은 단순히 눈으로 보는 것만이 아니라 시각 자극을 경험에 비추어 인식하고 해석하는 두뇌 활동으로, 아동의 학습 및 적응과 관련된 기능의 기초가 된다고 할 수 있다. 특히 외부 환경의 정보 중 60% 이상이 시각을 통하여 수용되며(Srinivasan, Basdogan, & Wu, 1999), 여러 감각 자극이 동시에 제시되는 상황에서는 다른 감각에 비해 시각이 보다 우세하게 지각된다(Cooper, 1998). 이러한 측면에서 아동의 인지 처리과정에서 시각 정보의 중요성이 보다 강조되어 왔다고 볼 수 있다.

아동의 시각 발달을 살펴보면, 출생 직후 신생아의 시력은 약 0.05 정도에 불과한데 이는 시각 처리에 관여하는 시각 신경체계가 미성숙하기 때문이다. 생애 초기 시각 발달은 시자극이 양안에 균형적으로 제시됨으로써 이루어진다. 시각 발달의 민감기는 생후 2년까지이며 특히 생후 6개월 동안 시력 발달이 가장 급격하게 이루어진다. 적절한 시자극을 통해 시각 신경체계의 발달이 촉진되면 만 5-6세 경 정상 시력인 1.0에 도달한다. 특히 이 시기는 시각 발달이 가장 활발하게 진행되는데 이는 두뇌의 시냅스 형성이 폭발적으로 일어나고 안구운동을 통제하는 전두엽의 전두안구영역(frontal eye field)이 발달하는 시기와 밀접한 관련이 있다(Parks & Madden, 2013). 이후 양안시와 입체시의 발달이 점진적으로 정교화되어 학령중기에 접어드는 만 8세경 발달이 완료된다(Wright, 2006).

아동의 시각 정보처리과정은 망막에서 시작되는데, 망막은 정보처리 장치의 일부로 작용하여 이미 망막에서 일부 처리되고 변형된 정보를 두뇌가 받아들이게 된다(Banich & Compton, 2011). 외부의 사물이 반사하는 빛은 망막의 입력 부위인 추상체와 간상체 등의 광수용기

(photoreceptor)에서 전기적 신호로 변환된다. 변환된 전기적 신호는 망막의 신경절 세포(ganglion cell)에서 출력되어 외측슬상핵(lateral geniculate nucleus, LGN)을 통해 후두엽에 위치한 시각 영역인 1차 시각 피질(primary visual cortex)로 전달된다([그림 II-1] 참고). 시각 영역에는 다수의 시각 처리용 모듈이 존재하며,



[그림 II-1] 시각 처리 경로

(출처: Bear, Connors,
& Paradiso, 2016)

이는 색, 명암, 움직임, 패턴, 공간 지각 등을 처리하기 위하여 조직화되어 있다. 선행연구들은 시각 발달의 민감기인 생후 약 2년에 걸쳐 두뇌 시각 처리 영역이 성숙함에 따라 사물의 형태 및 색 변별, 움직임 추적 등이 가능해지는 것으로 보고하였다(Wright, 2006).

아동의 시각 정보처리과정이 인지 발달과 밀접한 관련이 있는 것은, 시각 처리 체계가 주의 할당에 관여하는 두뇌 회로와 함께 작동하기 때문이다. 시각 처리 경로는 사물의 형태 인식에 관여하는 복측 경로(ventral stream)²⁾와 사물의 공간 관련성 처리에 관여하는 배측 경로(dorsal stream)³⁾로 구분될 수 있다. Corbetta와 Shulman(2002)은 fMRI 연구를 통해 1차 시각 영역에서 두정엽 부위로 연결되는 배측 경로를 전두엽 영역까지 확장한 주의 네트워크를 밝혀내었다. 전두-두정 주의 네

-
- 2) 'what' 시스템이라고 불리는 복측 경로(ventral stream)는 후두피질, 후측두피질과 전측두 영역으로 연결된다. 시각 자극을 처리하는 데 전적으로 관여하는 영역이며, 사물의 형태, 색채 등을 파악하여 사물을 인식하는 데 중요한 역할을 한다.
- 3) 'where' 또는 'how' 시스템이라고 불리는 배측 경로(dorsal stream)는 후두엽의 1차 시각 영역에서 두정엽 부위로 연결된다. 사물의 형태를 인식하기 위한 시각적 속성보다는 공간 관련성의 처리에 특히 민감하게 반응하여 공간 정향, 위치 추적, 선택적 주의, 공간 기억 등과 밀접한 관련이 있다.

트워크(fronto-parietal network)라고 불리는 이 두뇌 회로는 하향식 및 상향식 주의 할당에 모두 관여한다. 하향식 체계는 자극과 반응을 선택하기 위해 자발적인 목표지향적 안구 운동을 준비하고 실행하는 것과 관련이 있는 주의 체계이다. 상향식 체계는 두드러지거나 예기치 않게 제시되는 자극의 불수의적 감지에 특화되어 있는 주의 체계이다. 두 체계는 분리되어 기능하는 것이 아니라 상호작용하여 목표지향적 주의 과정에 관여하는 것으로 알려져 있다.

이와 같이 시각 정보처리는 아동의 인지 처리과정과 밀접한 관련이 있으며 고차원적 인지 기능이 작동하기 위한 중요한 토대가 된다. 또한, 이러한 시각 처리과정과 아동이 외부의 정보를 받아들이는 또 다른 주요 통로인 청각 처리과정은 서로 다른 양상으로 진행되는데, 청각 처리과정의 발달과 특성은 다음에서 자세히 살펴보겠다.

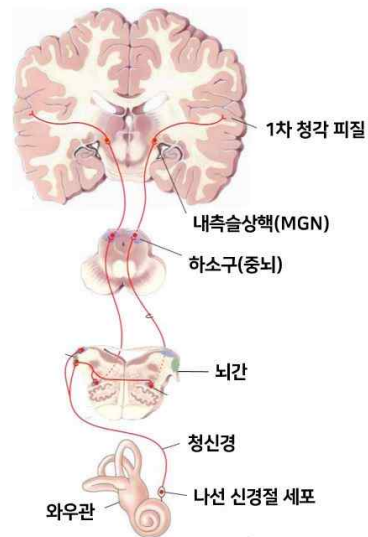
2) 청각 처리과정의 특성

인간의 감각 처리과정에 대한 연구는 오랫동안 시각 정보처리를 중심으로 이루어져 왔지만(Banich & Compton, 2011), 시각뿐만 아니라 청각 정보처리 또한 아동의 인지 기능에서 중요한 역할을 한다. 유아의 경우 시각 정보보다는 청각 정보를 더 선호하는 경향이 있는데(Sloutsky & Napolitano, 2003), 특히 청각 정보의 처리과정은 언어 발달과 관련하여 핵심적인 부분을 차지한다(송현주, 2008; Banich & Compton, 2011). 이러한 점은 언어가 추상적인 개념을 내적으로 표상하는 도구로서 인지 발달 및 학습과 밀접한 관련이 있음을 고려할 때 매우 중요한 의미를 갖는다고 할 수 있다.

아동의 청각 발달에 대한 연구들은 생애 초기 두뇌의 청각 처리 영역

의 발달이 시각에 비해 훨씬 더 이른 시기에 시작되는 것을 밝혀내었다. 영아의 청각 능력은 시각 능력에 비해 훨씬 더 발달되어 있는데, 태내에서부터 외부의 소리에 심장박동이 더 빨라지는 것과 같은 구체적인 반응을 보이며, 생후 3일 된 영아도 엄마의 목소리를 구분할 수 있었다(DeCasper & Fifer, 1980). 또한 생후 1개월 된 영아의 음소 지각은 성인과 마찬가지로 범주적으로 이루어지는데, 이는 언어적 경험과 상관없이 보편적으로 나타나는 현상이었다(Eimas, Siqueland, Jusczyk, & Vigorito, 1971). 출생 후 아동의 시각 처리에 관여하는 두뇌 영역들이 학령중기에 이르기까지 서서히 발달하는 반면(Wright, 2006), 청각 처리 영역들은 출생 직후에도 충분히 성숙되어 있으며 생후 1년 동안 더욱 정교하게 발달한다(Morse & Cowan, 1982).

아동의 청각 정보처리는 시각 정보처리와 유사한 처리과정을 거치지만 귀에 들어온 청각 정보가 청각피질에 도달하기까지는 상대적으로 많은 경로를 거치게 된다. 소리 정보가 외이를 거쳐 고막을 진동시키면 이 진동이 내이로 전달되어 와우관(cochlea)에서 신경 신호로 변환된다. 이 신호는 나선 신경절 세포(spiral ganglion cell)에서 출력되어 뇌간에 위치한 연결 경로들을 거친다. 이어 중뇌의 하소구(inferior colliculus)를 통해 내측슬상핵(medial geniculate nucleus, MGN)을 거쳐, 측두엽에 위치한 청각 영역인 1차 청각 피질(primary auditory cortex)로 전달된다([그림 II-2] 참고). 청각 영역은 특정 주파수에 최대



[그림 II-2] 청각 처리 경로
(출처: Bear et al., 2016)

한으로 반응하는 세포들로 조직화되어 있는데 저주파에 민감한 세포는 보다 앞쪽에, 고주파에 민감한 세포는 보다 뒤쪽에 자리 잡고 있다 (Banich & Compton, 2011).⁴⁾ 청각 영역도 시각 영역과 마찬가지로 소리의 형태 처리에 관여하는 경로⁵⁾와 소리의 공간적 위치 처리에 관여하는 경로⁶⁾로 구분될 수 있다는 연구 결과들이 보고되고 있지만(Hackett & Kaas, 2004; Rauschecker & Tian, 2000), 이에 대해서는 아직 더 많은 연구가 필요하다.

3) 시각 및 청각 처리과정에 따른 인지 기능의 특성

지금까지 살펴본 시각 및 청각 처리과정은 아동 인지 발달의 기반이 되는 핵심 요소인 주의 기제와 작업기억 등에서 서로 다른 특성을 보인다. 먼저, 주의 기제와 관련하여 그 동안 전두-두정 주의 네트워크 (Corbetta & Shulman, 2002)가 시각 및 청각 자극 모두에 대하여 하향식 주의 통제를 중재하는 것으로 여겨졌다. 그러나 fMRI를 활용한 최근 연구에서는 하향식 주의 통제를 중재하는 두뇌 네트워크가 시각과 청각에 대하여 서로 다른 경로로(modality-specific) 작동한다는 것이 밝혀졌다(Braga, Wilson, Sharp, Wise, & Leech, 2013). 즉, 시각 및 공간 자극에 대한 하향식 주의는 전두-두정 네트워크가, 공간과 무관한 청각 자극에 대한 하향식 주의는 전두-측두 네트워크(fronto-temporal network)가 관여하는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 시각 및 청각 처리과정에 따

-
- 4) 음위상 지도(tonotopic map): 시각 피질의 망막위상 지도와 대응되는 개념이다. 망막 위상 지도(retinotopic map)는 공간적 위치를 반영하는 지도이고, 음위상 지도는 소리의 주파수에 대한 지도이다.
 - 5) 청각 피질의 보다 전측 영역에서 표상되어 측두엽의 연합영역이나 안와전두영역(orbitofrontal area)으로 연결된다.
 - 6) 청각 피질의 보다 후측 영역에서 표상되어 두정피질이나 전두안구영역(frontal eye field) 등으로 연결된다.

라 자극 정보를 처리하는 두뇌 신경 회로가 구분되어 있는 것을 보여주고 있다.

이러한 선행연구 결과를 바탕으로 아동의 인지 처리과정도 시각과 청각에 따라 상이하게 수행되는 것을 고려해 볼 수 있다. 최근 연구들은 시각과 청각을 통한 주의 기제가 서로 다르다는 것을 보여주었다. 예를 들어, 아동을 대상으로 시각 및 청각 자극으로 제시되는 연속수행검사(continuous performance test, 이하 CPT)를 실시한 결과, 아동의 시각 CPT 수행과 청각 CPT 수행에는 차이가 나타났다(Mahone, Pillion, Hoffman, Hiemenz, & Denckla, 2005). 또 다른 연구에서는 시각 주의보다 청각 주의가 아동의 일상생활에서 나타나는 상위 인지 기능에 미치는 영향력이 더 크다는 결과들을 보고하였다(Aylward, Brager, & Harper, 2002).

시각과 청각에 따른 주의 기제의 차이는 임상 아동을 대상으로 한 연구에서도 확인되고 있다. 예를 들면, 주의력결핍 과잉행동장애(ADHD) 아동의 주의력 손상 정도를 비교한 연구들은 시각 주의와 청각 주의의 손상 정도에 차이가 있음을 보고하였다(Lin et al., 2014). 그 중에서도 청각 주의에서의 손상이 더욱 심할수록 ADHD 아동의 언어성 지능과 주의집중력에서의 문제가 더 큰 것으로 나타났다(손정우, 2006). 이를 통해 시각 주의와 청각 주의의 손상 정도의 차이가 ADHD 아동의 인지 능력의 차이를 가져오는 요인이 될 수 있음을 밝혔다. CPT 수행을 통한 아동의 시각 주의와 청각 주의를 비교하였을 때 어느 정도의 상관관계는 있었으나, 시각 CPT에 비해 청각 CPT에서 보다 많은 누락오류와 오경보오류가 나타났으며 이는 주의력 문제가 있는 아동뿐만 아니라 일반 아동에서도 나타나는 패턴이었다. 이러한 연구 결과들은 시각과 청각을 통한 아동의 주의 기제가 서로 구분된다는 것을 뒷받침한다.

또한 작업기억의 관점에서도 시각과 청각에 따라 인지 처리과정의 특성이 서로 다르다는 것이 밝혀졌다. 작업기억은 인지 처리에 필요한 정보를 일정 시간 동안 유지하고 조작하는 능력을 의미한다. Baddeley (2003)의 작업기억 모델에 따르면 시각 정보와 청각 정보를 처리하는 작업기억에는 두 개의 독립적 처리 단위가 존재하는데, 시각 정보는 시공간적 잡기장(visuospatial sketchpad)을 통해 시공간적 작업기억으로, 청각 정보는 음운론적 회로(phonological loop)를 통해 언어적 작업기억으로 처리된다. 시각과 청각을 통한 작업기억의 처리 단위가 서로 다를 뿐 아니라, 아동의 시각 및 청각 작업기억을 비교한 연구들에서는 두 유형의 작업기억 용량에도 차이가 나타남을 보고하였다. 대체로 청각 작업기억 과제의 수행이 시각 작업기억보다 높은 수준으로 나타나며(Gillam, Cowan, & Marler, 1998), 작업기억에 저장되어 있는 정보를 회상할 때 청각이 시각에 비해 우수한 것으로 알려져 있다(Penney, 1989).

지금까지의 논의를 토대로, 시각과 청각에 따라 다르게 나타나는 주의 기제와 작업기억 등을 핵심 요소로 하는 아동의 상위 인지 기능 또한 서로 다른 특성을 보일 것으로 예측할 수 있다(D'Asenzo et al., 2018). 그런데 아동의 인지 기능에 대한 선행연구의 대다수는 시각 처리과정에 초점을 두었으며 청각 처리과정에 대한 연구가 충분히 이루어지지 못하였다. 시각뿐만 아니라 청각 처리과정도 주의, 작업기억, 나아가 읽기 및 듣기와 같은 언어이해능력과 학습 등에 서로 다른 방식으로 영향을 미치는 주요 모듈(손정우, 2006; Aylward et al., 2002; Hogan, Adlof, & Alonzo, 2014)이라는 연구결과들을 통해, 청각 처리과정에 대한 연구가 활발히 수행될 필요성을 확인할 수 있다. 뿐만 아니라, 두 감각 양식에 대하여 동일하게 설계된 실험 과제를 통해 시각 및 청각 처리과정을 비교 분석한 연구가 거의 수행되지 못하였다. 이러한 비교 연구는 아동의

상위 인지 기능의 특성을 다각적으로 규명할 수 있다는 점에서 의미 있는 시도가 될 수 있다. 이 연구에서는 아동의 상위 인지 기능에 대하여, 시각과 청각에 따라 인지 처리과정의 특성이 어떻게 다르게 나타나는지를 규명하고자 한다. 이 연구에서 분석할 인지 기능인 인지통제의 개념과 이론적 모델에 대하여 다음 절에서 자세히 살펴보겠다.

2. 아동의 인지통제기제에 대한 이론적 관점

아동의 인지 발달 과정에서 인지통제의 발달은 매우 핵심적인 부분을 차지하고 있다. 특히 아동의 인지통제는 모든 목표지향적 행동을 위한 기초가 되고, 상위 수준의 사고 과정에서 중요한 역할을 하기 때문에 인지 발달 연구에서 주된 관심을 받아 왔다. 선행연구에 따르면 인지통제는 언어 능력(Deak, 2004), 마음 이론(Miller & Marcovitch, 2012), 추론 및 연산 능력(Blair & Razza, 2007), 정서 조절(Eisenberg & Sulik, 2012) 등 아동의 다양한 발달 영역과 폭넓게 관련이 있는 것으로 알려져 왔다. 특히 인지통제는 학습준비도, 학업 성취 및 학교적응과 같은 학령기 아동의 발달과업과 밀접한 관련이 있다(Akkinson & Braddick, 2012). 이처럼 아동은 인지통제의 발달을 통해 일상생활 및 학습 상황에서 요구되는 다양한 과제들을 효과적으로 수행할 수 있게 된다. 이 연구에서는 시각 및 청각 처리과정에 따른 아동의 상위 인지 기능의 특성을 규명하기 위하여, 인지통제를 분석 대상으로 삼고자 한다. 이 장에서는 인지통제의 개념과 이를 설명하는 이론적 모델을 자세히 살펴본다.

1) 인지통제의 개념 및 하위 기능

인지통제(cognitive control)는 인간의 상위 인지 기능 중 하나로, 내적으로 표상된 목표를 달성하기 위하여 사고와 행동을 유지하거나 유연하게 조절하는 능력을 의미한다(Braver, 2012; Braver et al., 2007). 인지통제가 성공적으로 이루어지기 위해서는 현재의 목표 표상을 유지할 수 있어야 하고, 목표와 환경이 변화하는 경우 새로운 표상을 유연하게 갱신할 수 있어야 한다. 인지통제는 단일 능력이 아니라 다양한 요소로 이루어져 있는 복합적인 인지 능력으로, 과제의 우선순위에 따라 목표를 표상하고, 모니터링하고, 행동을 조절하는 것을 포함한다(Braver, 2012; Shenhav, Botvinick, & Cohen, 2013). 이러한 인지 능력을 선행연구들에서 실행기능(executive function) 또는 실행 통제(executive control) 등으로 부르기도 했지만, 이 연구에서 인지통제로 명명한 것은 통제의 개념이 다른 용어들이 의미하는 상위 인지 기능의 핵심 개념이기 때문이다(Banich & Compton, 2011).

선행연구에서는 목표활성화, 갈등 인지, 반응 억제의 세 가지 기능을 인지통제의 중요한 요소로 꼽고 있다(Morales et al., 2015). 먼저, 목표활성화(goal activation)는 과제를 성공적으로 수행하기 위하여 과제와 관련된 추상적인 목표 표상을 적극적으로 유지하는 것을 의미한다. 목표를 표상하는 능력인 목표활성화는 인지통제의 중심이 되는 요인인데, 인지통제 하위 기능들 간의 관계를 이끌어내기 때문이다(Chevalier et al., 2012). 다음으로, 갈등 인지(conflict detection)는 목표 표상과 관련 없거나 목표와 일치하지 않는 방해 자극이 나타날 경우 이것이 목표와 다르다는 것을 알아차리는 것을 의미한다. 이와 함께 요구되는 기능이 반응 억제(response inhibition)인데, 과제를 성공적으로 수행하기 위하여 갈등

상황에서 이전의 우세한 반응 또는 부적절한 반응을 억제하는 것을 의미한다.

그 동안의 선행연구들에서는 인지통제의 개별적인 하위 기능에 초점을 두어 연구를 수행하였다. 예를 들어 아동의 반응 억제 기능은 4세에서 9세에 이르기까지 억제 과제 수행의 정답률과 반응시간에 있어서 뚜렷한 발달을 보이며, 이후 청소년기까지 점진적으로 성숙하는 것으로 밝혀졌다(Diamond, 2013; Luna, 2009). 이 외에도 많은 선행연구들(Miyake & Friedman, 2012; Miyake et al., 2000)에서 하위 기능들에 대한 개별적인 분석이 이루어졌기 때문에 인지통제를 통합적으로 살펴보지 못하였다는 한계가 있다.

그런데 최근 연구들에서는 이러한 한계점을 인식하고, 인지통제의 하위 기능들을 통합적으로 규명하고자 하였다. 특히 이러한 연구들은 인지통제의 각 하위 기능들이 통합적으로 작용하여 효율적인 인지통제를 수행한다는 것을 보여주었다. 그리고 이러한 점은 성인뿐만 아니라 아동에도 해당한다고 제안하고 있다(Chevalier & Blaye, 2009; Chevalier, Blaye, Dufau, & Lucenet, 2010; Morton & Munakata, 2002). 아동의 일상적인 놀이 상황에서 이러한 논의의 타당성을 보다 쉽게 확인해 볼 수 있다. 예를 들어, 아동이 장난감 자동차를 찾는 과제를 성공적으로 수행하기 위해서는 장난감 자동차의 현재 위치에 대한 표상과 함께 그것을 찾는다는 목표를 활성화하고 유지해야 한다. 그런데 장난감 자동차를 찾는 과정에서 다른 새로운 장난감을 보았을 때는 찾고자 하는 그것이 아님을 알아차리는 갈등 인지가 수행되어야 한다. 그리고 찾으려는 장난감 자동차를 현재 위치가 아닌 이전에 있었던 위치에서 찾는다거나, 새로운 장난감을 가지고 노는 것과 같은 행동을 억제하여야 이 과제를 성공적으로 수행할 수 있을 것이다.

이 연구는 인지통제에 대한 최근의 관점을 수용하여, 아동의 인지통제를 목표활성화, 갈등 인지, 반응 억제가 통합적으로 이루어지는 과정으로 보고자 한다. 최근 연구에서 제안된 이원 통제 메커니즘(dual mechanisms of control, 이하 DMC) 모델은 이러한 관점을 반영하여 인지통제를 설명하고 있는데, 이 연구는 이 DMC 모델을 중심으로 아동의 인지통제 과정을 분석하고자 한다.

2) 이원 통제 메커니즘(DMC) 모델

DMC(Dual Mechanisms of Control) 모델은 인지통제를 설명하는 가장 대표적인 모델이다(Braver, 2012; Braver et al., 2007). DMC 모델의 핵심은 인지통제가 서로 다른 두 가지 하위 기제인 선행처리과정(proactive control process)과 후행처리과정(reactive control process)으로 이해될 수 있다는 것이다(Braver et al., 2007). DMC 모델을 기반으로 이루어진 선행연구들, 특히 fMRI를 활용한 연구들은 두 가지 하위 처리과정과 관계된 두뇌 영역이 다르고, 이 영역에서 나타나는 신경 활동의 양상이 다르다는 것을 보여주었다(Botvinick et al., 2004).

이 모델에서 선행처리과정은 인지적 처리가 요구되는 자극이 나타나기 전에 목표와 관련된 맥락 정보를 작업기억에 적극적으로 유지하고 반응을 미리 준비하는 것을 의미한다. 선행처리과정에서는 자극이 나타나기 전부터 측면 전전두엽 피질(lateral prefrontal cortex)이 지속적으로 활성화되며, 맥락 정보가 입력되고 유지되기 위하여 도파민의 분비가 이루어진다(Braver & Cohen, 1999). 따라서 선행처리과정은 전두엽의 지속적인 활성화를 통하여 목표를 유지하기 위하여 더 많은 인지적 자원이 요구되는 과정이라고 할 수 있다(Braver et al., 2007). 선행처리과정은

인지통제의 핵심이 되는 목표 표상 능력과 관련이 있으며, 인지통제의 하위 기능 중 목표활성화 기능을 반영한다(Morales et al., 2015).

이와 달리, 후행처리과정은 목표에서 벗어나는 방해자극이 나타난 후에 그것을 처리하기 위하여 주의를 집중하는 것을 의미한다. 이 과정에서는 필요에 따라 목표와 관련된 정보를 인출하거나 재활성화하기도 한다. 이러한 후행처리과정은 선행처리과정과 달리 측면 전전두엽 피질, 전대상피질(anterior cingulate cortex)을 포함한 더욱 광범위한 전두-두정주의 네트워크의 순간적인 활성화와 관련되어 있다(Braver et al., 2007). 그리고 이때는 도파민과 같은 신경전달물질의 분비가 이루어지지 않는다. 이와 같이 두뇌가 활성화되는 양상, 신경전달물질의 분비 여부가 다르다는 것이 두 기제가 서로 구분되는 과정임을 시사한다. 후행처리과정에서 나타나는 두뇌 활성화는 갈등 및 오류 탐지, 반응 억제와 같은 인지 기능과 관련된 영역에서 확인되고 있다(Botvinick et al., 2004). 따라서 후행처리과정은 인지통제의 하위 기능 중 갈등 인지와 반응 억제 기능을 반영한다고 할 수 있다(Morales et al., 2015).

DMC 모델은 두 통제기제에서 인지 처리가 일어나는 시간적 역동성(temporal dynamics)을 통하여 인지통제의 방향을 살펴보는 데 유용하다(Chiew & Braver, 2017). 앞서 기술한 내용을 종합하면 선행처리과정은 자극이 나타나기 전에 내적으로 표상된 목표에 따라 이루어지는 하향식(top-down) 통제기제이다. 이와 달리 후행처리과정은 자극이 나타난 후에 필요에 따라 일어나는 상향식(bottom-up) 통제기제이다. 또한 DMC 모델은 이러한 두 가지 하위 기제를 설정하여 아동이 활용하는 인지통제 기제의 특성이 어떻게 다른지에 대한 구체적인 설명을 제공해줄 수 있다는 장점이 있다. 단순히 아동의 인지통제가 잘 기능한다거나 손상되었다는 설명이 아니라, 아동이 다양한 개인 변인에 따라, 또는 과제 맥락에

따라 어떤 통제기제를 사용하는 경향이 있는지에 대한 설명이 가능하다 (Chiew & Braver, 2017).

아동이 성공적으로 목표를 달성하기 위해서는 두 통제기제가 과제의 특성에 맞게 효율적인 균형이 이루어지는 것이 중요하다. DMC 모델에서는 선행처리과정과 후행처리과정이 역상관관계에 있으므로, 선행처리과정의 활용이 우세하면 후행처리과정이 비교적 감소하고, 그 반대도 성립한다고 본다(Braver et al., 2007). 이러한 상관관계는 인지통제기제의 특성을 분석하기 위한 유용한 지표가 될 수 있다. 만약 특정 과제에서 나타나는 인지통제가 선행처리과정 위주로 수행된다면 후행처리과정은 비교적 약화될 것이고, 반대로 후행처리과정 위주로 수행된다면 선행처리과정이 비교적 약화될 것이기 때문이다. 따라서 이 연구에서는 DMC 모델을 기반으로 하여 시각 처리 및 청각 처리에 따른 아동의 인지통제기제의 특성을 규명하고자 한다.

3. 아동의 인지통제기제 연구

아동을 대상으로 인지통제기제를 규명한 선행연구들에 대하여, 연구 방법론을 기준으로 행동 반응 연구, 그리고 이 연구의 방법론과 관련된 인지신경학적 연구로 나누어 개괄적으로 살펴보고자 한다.

1) 행동 반응 연구

DMC 모델을 기반으로 이루어진 아동의 인지통제기제에 대한 연구들에서는 대부분 시각 처리과정에 초점을 두어, 다양한 인지통제 과제 수행 결과로 나타난 아동의 행동 반응에 대한 분석이 이루어졌다. 선행연

구들에서 사용된 인지통제 과제로는 AX-CPT 패러다임,⁷⁾ 단서제공 전환과제,⁸⁾ 차원전환 카드분류 과제⁹⁾ 등이 있다. 이러한 과제들은 아동의 맥락 처리의 특성을 살펴볼 수 있는 인지통제 과제로, 아동이 연령, 과제 상황 등에 따라 맥락 정보를 어떻게 활용하는지 살펴봄으로써 인지통제 기제의 특성을 밝혀내었다. 아동의 행동 반응인 정답률과 반응시간을 정확하게 측정하기 위하여 과제들은 온라인으로 실시되었다.

인지통제를 측정하는 데 주로 사용되어 온 맥락 처리 과제들의 주요 특징은 맥락 정보(cue)가 표적자극(target)에 대하여 어떻게 반응하는 것이 적절한지 알려주는 역할을 한다는 것이다(Chiew & Braver, 2017). 선행연구들에서는 아동이 과제를 성공적으로 수행하기 위하여 목표를 표상하고 유지하는 데 맥락 정보를 어떻게 활용하는지에 초점을 두어 분석하였다. 다양한 인지통제 과제의 수행을 살펴본 선행연구들은 아동의 선행처리과정 및 후행처리과정 활용에 영향을 미치는 변인으로 주로 연령에 따른 발달적 차이에 초점을 두었다.

동물그림 자극을 활용하여 아동용 AX-CPT 과제를 실시한 연구 결과(Lucenet & Blaye, 2014), 6세 아동은 5세 유아에 비해 선행처리과정을 보다 효율적으로 사용하고 있었으며, 5세 유아 중에서도 선행처리과정의 효율성에는 차이가 나타났다. 따라서 아동이 후행처리과정에서 선

7) AX-CPT(AX-Continuous Performance Test) 패러다임: DMC 모델의 주요 개념을 직접 반영하는 대표적인 맥락 처리 과제이다(Braver, 2012). AX-CPT 패러다임의 주요 개념에 대해서는 <IV-1. 실험 패러다임>에서 자세히 설명하였다.

8) 단서제공 전환과제(cued-task switching): 맥락 최신화와 관련된 인지통제 과제로, 자극 제시 전 어떤 규칙에 근거하여 반응해야 하는지와 관련된 단서를 미리 제공하는 과제이다. 단일 시행 과제 또는 규칙이 반복되는 반복 시행 과제보다 규칙이 바뀌는 전환 시행 과제에서 인지통제의 요구가 높아지게 된다.

9) 차원전환 카드분류 과제(dimensional change card sort, DCCS): 단서제공 전환과제의 일종으로, 두 가지 이상의 차원을 가진 카드(예, 모양/색상/크기 등)를 제시하고, 매 시행마다 무작위로 제시되는 차원에 근거하여 카드를 분류하도록 하는 과제이다. 예를 들어, 빨간색 토끼 그림 카드는 모양 또는 색상에 근거하여 분류될 수 있는데, 모양을 기준으로 하는 경우에는 토끼로, 색상을 기준으로 하는 경우에는 빨간색으로 분류해야 한다(Zelazo, 2006).

행처리과정으로의 발달적 전이를 경험하게 되는 시기는 유아기에서 학령기로 접어드는 시기(만 5-6세)라고 할 수 있다. 한편, 동일한 과제를 활용하여 선행처리과정의 사용을 비교한 연구가 좀 더 높은 연령의 아동에 대해서도 수행되었다(Lorsbach & Reimer, 2010). 이 연구에서는 알파벳 자극으로 구성된 AX-CPT 과제를 통해 학령중기에 해당하는 9세와 11세 아동의 선행처리과정을 비교하였는데, 두 연령 집단의 아동은 모두 선행처리과정을 사용하고 있는 것으로 나타났다.

단서제공 전환과제를 활용한 연구에서는 5세 유아와 10세 학령중기 아동의 맥락 단서 처리 전략이 다르다는 것을 밝혔다(Chevalier, Wiebe, Huber, & Espy, 2013). 유아는 추가적이고 직접적인 의미 단서를 제공하는 경우 수행이 향상된 반면, 학령중기 아동과 성인의 수행은 저하되었다. 학령중기 아동과 성인은 단서 의미가 처리되기 이전에 단서의 지각적 특성에 의하여 과제 전환 여부를 탐지하는 보다 효율적인 전략을 사용하기 때문이다. 이 연구 결과는 학령중기 아동이 과제 목표를 활성화하기 위하여 맥락 단서를 처리하는 전략이 유아와는 다르게 나타난다는 것을 시사한다.

선행연구들을 종합하면, 아동은 영유아기에서 학령중기에 걸쳐 후행처리과정에서 선행처리과정으로의 발달적 전이를 경험하는 것을 알 수 있다(Chatham et al., 2009; Chevalier et al., 2015; Lucenet & Blaye, 2014). 아동의 인지통제는 영아기에 후행처리과정의 형태로 발달하기 시작하여(Munakata et al., 2012) 만 5-6세 경 선행처리과정의 사용이 나타나고, 만 9세 이상이면 선행처리과정을 안정적으로 사용할 수 있다(Chevalier et al., 2013, 2015). 이러한 발달적 전이는 전두엽의 성숙에 따른 목표 표상 능력의 점진적인 발달에 기반하여 이루어진다(Lucenet & Blaye, 2014). 즉, 선행처리과정이 좀 더 늦게 발달하는 고차원적 통제

기제라고 할 수 있으며, 아동은 연령이 증가함에 따라 선행처리과정과 후행처리과정을 과제의 특성에 맞게 효율적으로 조절할 수 있게 된다.

이처럼 행동 반응을 중심으로 아동의 인지통제를 살펴본 선행연구들은 아동이 목표를 표상하고 유지하는 능력, 즉 선행처리과정의 발달적 측면에 초점을 두어 왔다. 이와 함께 인지통제기제의 활용에 영향을 미치는 변인을 살펴본 연구들도 있었다. 선행연구들은 아동의 선행처리과정의 활용이 연령에 따라 다르게 나타나는 것은 맥락 정보를 유지하기 위한 작업기억 능력의 차이에서 비롯된 것이라고 보았다(Lorsbach & Reimer, 2010; Lucenet & Blaye, 2014). 또한 4-5세 유아는 스스로 선행처리과정을 사용하는 능력을 발달시키기 시작하는 시기인데, 이 때 언어가 추상적인 목표 표상의 발달과 실행에 중요한 역할을 할 수 있다(Clark, 2006). 4-5세 유아에게 낯선 표적 도형을 보여주고 이름을 붙여준 명명 조건(labeling)과 이름을 붙여주지 않고 도형의 특징만 알려준 조건을 비교하였을 때, 명명 조건에서 아동의 정답률이 더 높았다(Doebel, Dickerson, Hoover, & Munakata, 2018). 언어는 작업기억에 목표와 관련된 추상적 표상을 형성하고 적극적으로 유지할 수 있도록 도움으로써 선행처리과정의 사용을 촉진할 수 있었다. 전환 과제에서 명명하기는 더 높은 연령인 학령중기(9세) 아동에게도 선행처리과정의 활용을 촉진하는 효과가 있었다(Lucenet, Blaye, Chevalier, & Kray, 2014).

지금까지 살펴본 행동 반응을 분석한 연구들에서, 정답률과 반응시간은 자극 처리가 완료된 반응 단계에서만 측정이 이루어지므로 과제 수행 과정에 대한 분석은 불가능하였다는 한계가 있었다. 따라서 선행처리과정과 후행처리과정 중 어떤 통제기제를 더 우세하게 사용하는지에 대한 분석은 가능했지만, 과제 수행 과정에서 인지통제의 하위 기능들이 어떠한 양상으로 나타나는지는 알 수 없었다. 이에 반해 인지신경학적 방법

론은 이러한 행동 반응 측정의 한계를 극복할 수 있다. 이러한 방법론을 통해 과제 수행 과정에서 나타나는 두뇌 활성화 양상을 직접 관찰함으로써 인지통제 하위 기능의 양상을 밝혀낼 수 있다.

2) 인지신경학적 연구

이 연구에서는 시각 및 청각 처리과정에 나타나는 아동의 인지통제기제를 구체적으로 규명하기 위하여, 인지신경학적 방법론 중 뇌파측정법(EEG)을 활용한 사건 전위(ERP) 지표를 분석하고자 한다. 뇌파측정법(electroencephalogram, 이하 EEG)은 두뇌의 인지 활동을 실시간으로 측정할 수 있기 때문에 인지 과제 수행 시 자극 처리과정의 양상을 세밀하게 분석할 수 있다. 특히, EEG는 이 연구에서 규명할 자극 처리의 시간적 특성이 다른 두 인지통제기제를 세밀하게 측정하는 데 매우 적합한 방법이다(Chiew & Braver, 2017). EEG는 공간 해상도는 비교적 낮지만, 자극 제시와 같은 특정 사건의 발생과 관련된 두뇌의 전기적 활동을 1/1000초 단위의 매우 높은 시간 해상도로 기록할 수 있다. 따라서 인지 과제 수행 시 자극의 처리가 어느 시점에서 일어나는지를 분석하기에 적합하다. 또한, EEG는 fMRI(functional magnetic resonance imaging, 기능적 자기공명영상) 등 다른 뇌 영상 장비들에 비해 검사자의 움직임에 비교적 영향을 덜 받으며 소음이 없기 때문에, 아동 대상 연구뿐만 아니라 청각 자극을 사용한 연구에도 유용하다(김도원 외, 2017). EEG 분석을 활용하여 인지통제기제의 특성을 규명한 선행연구를 검토하기 전에 EEG와 이를 활용한 ERP 방법론에 대하여 간략히 살펴보고자 한다.

(1) EEG와 ERP

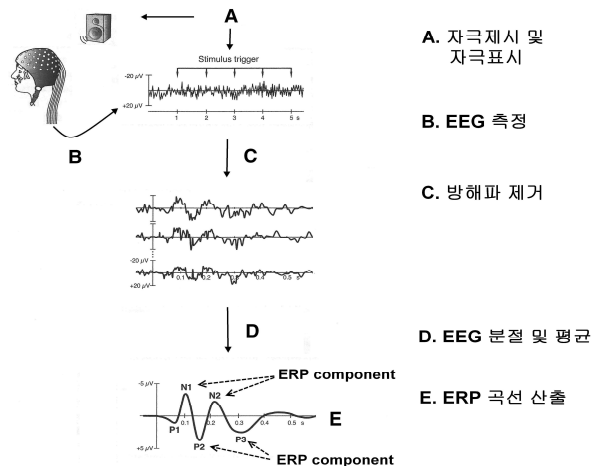
EEG는 두뇌에서 인지 활동이 일어날 때 발생하는 전기 신호를 측정하는 방법으로 다양한 뇌 영상 연구 분야에서 활용되고 있다. 뇌파는 뇌가 특정 활동을 할 때 신경세포들이 동시에 활성화되어 발생하는 시냅스 후 전위(postsynaptic potential)에 의하여 머리 표면에서 생성되는 전위차를 두피에 부착한 전극(electrode)을 통해 측정한 것이다(Nunez & Srinivasan, 2006).

EEG를 활용한 사건 전위(event-related potential, 이하 ERP)는 자극 제시와 같은 특정 사건의 발생 또는 내적 정신표상에 의하여 일어나는 뇌의 전기적 활동을 관찰할 수 있는 기법이다. ERP를 통해 인지 과제 수행 시 자극 처리과정에서 일어나는 두뇌 활동의 변화를 실시간으로 측정할 수 있기 때문에, 특히 고차원적 인지 및 지각 처리과정을 연구하는데 널리 사용되어 왔다.

[그림 II-3]은 EEG에서 ERP를 산출하는 과정을 보여주고 있다. EEG를 통해 산출된 전체평균 ERP 파형으로부터 ERP 요소(ERP component)가 검출되는데, 이를 통해 EEG의 극성(polarity), 진폭(amplitude), 그리고 검출시간(latency) 등의 특성을 확인할 수 있다. ERP 파형에서 극성은 파형이 굴절된 방향에 따라 아래쪽은 양전위(positive), 위쪽은 음전위(negative)를 띠는 것으로 본다. 진폭은 파형의 크기(높이)를 의미하며 검출시간은 자극이 제시된 시점으로부터 파형의 최대 정점(peak)이 나타나기까지 걸린 시간을 의미한다. ERP 요소는 극성을 나타내는 알파벳(P, N)과 검출순서(또는 검출시간)을 나타내는 숫자로 명명된다.¹⁰⁾ 예를 들면 P3는 자극 제시 후 세 번째로 정점이 나타

10) ERP 요소의 이름이 그 요소의 특성을 정확하게 반영하지 못할 수 있다. 예를 들어 P300은 처음 발견되었을 때 300ms에서 정점이 나타나는 양전위였기 때문에 붙여진 이름이다. 그러나 이후에 이루어진 대부분의 연구들에서는 최초 연구와 동일한 두뇌

나는 양전위이며, N2는 자극 제시 후 두 번째로 정점이 나타나는 음전위이다([그림 II-3]의 E 참고).



[그림 II-3] ERP 산출 과정

(출처: 이성은, 2017)

주. EEG에서 ERP를 산출하는 과정은 [그림 II-3]과 같다(Männel, 2008). 먼저 아동이 시각 또는 청각 자극으로 구성된 인지통제 과제를 실시하는 동안(A) EEG를 측정한다(B). EEG 신호는 마이크로볼트(μV) 단위의 매우 작은 아날로그 신호이므로 신호를 저장하고 처리하기 위해서는 측정 과정에서 신호를 증폭하여 디지털 신호로 변환되어야 한다. 측정된 뇌파에 대하여 눈이나 몸 움직임, 실험실 환경 등에서 발생하는 방해파를 제거하는 과정(C)을 거쳐 자극에 대한 반응으로 발생한 EEG 자료를 얻는다. 이에 대하여 시각 또는 청각 자극이 제시된 시점을 기준으로 일정 구간의 뇌파를 분절하여 EEG 반응에 대한 평균을 구함으로써(D) 특정 자극에 대한 ERP 파형을 산출한다(E).

이 연구에서 다룰 ERP 요소는 인지통제의 하위 기능인 목표활성화, 갈등 인지, 반응 억제를 각각 반영하는 지표로 알려진 P3b, N2, P3a이다(Morales et al., 2015). 이 연구에서는 P3가 중요한 지표로 다루어지는

활동을 반영하는 양전위가 350-600ms 사이에서 정점이 나타나는 것으로 밝혀졌지만 현재까지도 여전히 P300으로 명명되고 있다. 이에 따라 많은 연구들에서 검출시간 대신 검출순서로 명명(예, P300 대신 P3)되고 있다(Luck, 2014, p. 72).

데, P3는 검출시간 및 검출영역에 따라 서로 다른 인지 기능을 반영하는 두 개의 하위 요소인 P3a와 P3b로 구분될 수 있다.¹¹⁾ 선행연구에 따르면 P3b는 과제 맥락과 관련된 하향식 통제 기능인 목표활성화를 반영하며, P3a는 방해 자극 처리 시 요구되는 반응 억제를 반영하는 것으로 알려져 있다(Polich, 2007, 2012). 그리고 N2는 목표와 관련 없는 방해 자극이 나타나거나 우세한 반응을 억제해야 하는 갈등 상황을 인지하고 모니터링하는 기능을 반영한다(Folstein & van Petten, 2008). 선행연구들은 ERP 요소의 진폭과 검출시간을 통해 각 요소가 반영하는 인지 기능의 양상을 분석하였다. 이 연구에서는 ERP 요소의 진폭을 중심으로 분석하는데, 일반적으로 진폭이 클수록 해당 인지 기능이 원활히 수행되기 위한 인지적 노력이 더 많이 기울여졌음을 의미한다. 이 연구에서 분석할 ERP 요소인 P3b, N2, P3a에 대한 보다 구체적인 설명은 이 연구에서 사용할 실험 패러다임과 함께 자세히 기술하도록 하겠다.¹²⁾

(2) 아동의 인지통제기제에 대한 ERP 연구

DMC 모델을 기반으로 이루어진 인지통제기제에 대한 ERP 연구는 주로 성인을 대상으로 수행되었다. 이러한 연구들은 인지통제에 관여하는 신경 기제가 기능적으로 구분되어 있다는 일관적인 결과들을 제시하였다(Gehring, Goss, Coles, Meyer, & Donchin, 1993; van Veen & Carter, 2002; West, 2003). 예를 들어, Czernochowski(2015)는 EEG의

11) P3는 아동 및 성인의 인지 기능을 분석한 선행연구들에서 가장 많이 다루어져 온 ERP 요소이다. P3는 두 개의 하위 요소인 P3a와 P3b로 구분될 수 있는데, P3a가 P3b에 비해 검출시간이 보다 빠르며 검출영역 또한 다르게 나타나 서로 다른 인지 기능을 반영하는 것으로 알려져 있다(Polich, 2007).

12) 이 연구에서는 인지통제의 하위 기능을 반영하는 세 가지 ERP 요소를 도출할 수 있는 AX-CPT 패러다임을 활용하였다. AX-CPT 패러다임 및 각 ERP 요소에 대한 내용은 연구방법과 보다 밀접한 관련이 있으므로, <IV-1. 실험 패러다임>에 자세히 설명하였다.

주파수 분석을 통하여 선행처리과정에서 확인된 EEG 리듬이 후행처리 과정에서는 확인되지 않음을 보여주었다. 또한 West와 Bailey(2012)의 연구는 선행처리과정에서 확인된 ERP 반응은 대뇌의 앞쪽(medial frontal)에서 확인되는 반면, 후행처리과정에서 나타나는 ERP 반응은 비교적 뒤쪽(medial posterior)에서 나타남을 밝혀내었다. 이러한 연구결과들은 성인의 인지통제 과정에서 선행처리과정과 후행처리과정이 서로 다른 신경 기제로 나타난다는 DMC 이론을 뒷받침하고 있다.

성인 연구에 비하여, 아동의 인지통제기제의 특성을 ERP 반응을 통해 살펴 본 선행연구는 일부 연구에서 제한적으로 수행되었고, 대부분 시각 처리과정을 중심으로 이루어졌다. 이러한 선행연구에서는 아동과 성인의 인지통제 하위 기능에 대한 비교가 이루어졌다. 예를 들면, Jonkman(2006)은 연구 대상 연령을 학령초기(6-7세), 학령중기(9-10세), 그리고 성인기 초기(19-23세)로 나누어 인지통제 하위 기능을 분석하였다. 학령초기부터 성인기 초기까지의 인지통제 하위 기능에 나타나는 ERP 반응을 비교하였을 때, 연령에 따라 ERP 요소의 진폭에 차이가 나타났다. 학령 초기 및 학령중기 아동의 목표활성화와 갈등 인지 수준이 보다 높았으며, 반응 억제는 학령중기부터 성인기 초기까지 점차 강하게 나타났다. 이 연구의 결과는 인지통제 과제 수행 시 연령에 따라 두뇌 활성화에 차이가 나타남을 보여주었으며, 만 6세 아동부터 선행처리과정을 사용하는 경향이 있다는 행동 반응 연구들의 결과를 뒷받침하였다. 그리고 학령중기 아동(10세), 청소년, 성인, 그리고 노인의 인지통제 하위 기능에 대한 ERP 반응을 비교한 연구도 있었다(Hämmerer, Li, Müller, & Lindenberger, 2010). 연구 결과, 학령중기 아동의 목표활성화 수준이 다른 집단에 비해서 높았으나 반응 억제는 비교적 낮게 나타났고, 행동 반응에서는 더 많은 오류가 나타났다. 이는 학령중기 아동이 단서를 활

용하는 목표활성화 능력과 우세한 반응을 억제하는 반응 억제 능력에 대한 균형이 아직 이루어지지 않았음을 시사한다.

또한, 아동을 대상으로 연령에 따른 인지통제의 특성을 분석한 연구들이 수행되었다. 이러한 연구들에서는 아동이 인지통제기제의 발달적 전이를 경험하는 시기에 나타나는 선행처리과정을 중심으로 분석이 이루어졌다. 예를 들어, Chevalier 등(2015)의 연구에서는 유아(5세)와 학령중기 아동(10세)의 단서제공 전환과제 수행을 비교하였다. 그 결과, 5세 유아의 경우에는 단서 활용을 촉진하는 조건에서는 목표활성화를 반영하는 ERP 요소¹³⁾가 검출되었지만 그렇지 않은 조건에서는 확인되지 않았다. 이러한 결과는 유아의 경우 단서 활용을 촉진하는 조건에서만 선행처리과정을 수행하고 있음을 반영한다. 반면, 학령중기 아동은 단서 활용을 촉진하는 조건과 그렇지 않은 조건에서 목표활성화를 반영하는 ERP 요소가 모두 검출되었다. 이 결과는 학령중기 아동이 두 조건 모두에서 선행처리과정을 안정적으로 수행하고 있음을 의미한다. 선행처리과정의 활용에서 나타나는 연령에 따른 차이는 보다 어린 연령을 대상(4-5세 vs. 7-8세)으로 한 다른 연구에서도 확인되었다(Elke & Wiebe, 2017).

지금까지 살펴본 연구들은 ERP 방법론을 활용하여 인지통제 하위 기능의 특성을 직접적으로 측정하여 인지통제기제의 발달적 특성을 규명하였다. 이러한 연구들은 유아기에서 학령중기로 갈수록 선행처리과정이 점차 효율적으로 발달함을 보여줌으로써, 시각 처리과정을 중심으로 밝혀진 아동의 인지통제기제의 발달에 대한 행동 반응 분석 결과와 일치하는 신경학적 증거를 제시하였다.

그런데 이러한 연구들은 실험 패러다임에 있어서 한계점을 안고 있다. 이 연구들에서 활용한 실험 패러다임(예, 단서제공 전환과제)에서는

13) 이 연구에서 검출된 ERP 요소는 두뇌 후측에서 발생하는 양전위(posterior positivity)로, 단서를 처리할 때 나타나는 목표활성화를 반영하는 지표이다.

인지통제의 두 하위 기제인 선행처리과정과 후행처리과정의 특성을 동시에 살펴볼 수 없기 때문이다. 따라서 이러한 연구들에서는 인지통제의 개별 하위 기능에 초점을 둔 분석이 수행되거나 선행처리과정의 특성만 규명함으로써, 인지통제기제의 특성을 통합적으로 분석하지는 못하였다. 이러한 한계를 극복하기 위하여, 최근에는 선행처리과정과 후행처리과정을 동시에 분석할 수 있는 AX-CPT 패러다임을 활용한 ERP 연구가 수행되고 있다. 이러한 연구들에서는 아동의 개인 변인에 따른 인지통제기제를 통합적으로 규명하려는 시도가 이루어졌다. 예를 들면, Kamijo와 Masaki(2016)는 AX-CPT 과제를 활용하여 아동의 신체운동능력(fitness)에 따른 인지통제의 특성을 분석하였다. 그 결과 운동능력이 더 우수한 아동의 경우 목표활성화가 더 높게 나타나 효율적인 선행처리과정을 사용하고 있는 것으로 나타났다. 갈등 인지와 반응 억제에서는 집단 간 차이가 나타나지 않았는데, 이 결과는 아동의 운동능력에 따른 인지통제의 차이가 후행처리과정이 아닌 선행처리과정에서 나타난다는 것을 보여주었다.

한편, 지금까지 수행된 선행연구들은 시각 처리과정에 국한되었고, 청각 처리과정에서 나타나는 인지통제기제의 특성을 구체적으로 규명하고 시각 처리과정과 비교한 연구는 아직 수행되지 않았다. 다만 몇몇 연구에서는 인지통제의 특정 하위 기능이 시각과 청각 처리에 따라 다른 양상으로 나타나는 것을 보여주었다. 예를 들면, 시각 및 청각과제 수행에 나타난 아동의 억제 기능을 비교한 연구에서 아동이 시각 자극보다 청각 자극을 통한 억제 수행에 더 많은 어려움을 겪는 것으로 나타났다(D'Asenzo et al., 2018). 또한, 아동의 인지통제기제의 활용에 영향을 미치는 요인에 대해서도 충분한 연구가 수행되지 못했다. 특히 과제의 특성(예, 시각 vs. 청각)에 따라 아동이 활용하는 인지통제기제에 대한 개

인 내 차이를 분석한 연구는 거의 찾아볼 수 없었다. DMC 모델은 아동 개인 변인에 따른 인지통제기제의 차이뿐만 아니라 과제 변인에 따른 인지통제기제의 개인 내 차이를 설명하는 데 적용될 수 있다(Chiew & Braver, 2017). 이 연구에서는 선행연구가 충분히 이루어지지 못했던 청각 처리과정에 초점을 두어, 시각 및 청각 자극으로 제시되는 인지통제 과제를 수행할 때 나타나는 인지통제기제의 특성이 어떻게 다른지 밝히고자 한다.

선행연구에 따르면 시각 및 청각 처리과정에 따라 아동은 서로 다른 인지통제기제를 활용할 것으로 예측할 수 있다. 왜냐하면, 인지 처리과정의 기반이 되는 감각 처리과정뿐만 아니라 주요 인지 기능(예, 주의, 작업기억)이 시각과 청각에 따라 다른 모듈을 기반으로 작동되기 때문이다(송현주, 2008; Lin et al., 2014). 시각 처리과정을 중심으로 수행되어 온 아동의 인지통제기제에 대한 선행연구들을 통해, 학령중기 아동은 시각으로 제시되는 과제를 수행할 때 선행처리과정을 우세하게 사용할 것으로 예측할 수 있다. 그런데 청각 처리과정에 나타나는 아동의 인지통제기제의 특성을 규명한 연구는 아직 없다. 학령중기 아동은 맥락 단서를 처리할 때 자극의 특성에 따라 보다 효율적인 전략을 사용한다는 점(Chevalier et al., 2013)을 고려하면, 시각 및 청각 처리과정에 따른 인지통제 과정이 서로 다른 양상으로 나타날 수 있을 것이다. 특히 아동이 일반적으로 시각 자극에 비해 청각 자극을 처리하는 데 인지적 부담이 있다는 점(주미진 · 하지완, 2018; Mahone et al., 2005)은 이러한 가능성을 시사하고 있다.

지금까지 논의한 선행연구에 대한 고찰을 바탕으로, 이 연구에서는 시각 및 청각 처리과정에 따른 학령기 아동의 인지통제기제의 특성을 규명하고자 한다. 연구대상으로는 학령중기에 해당하는 만 9-10세 아동을

선정하였다. 앞서 논의한 바와 같이 이 시기 아동은 선행처리과정이 안정적으로 나타나기 시작하며, 과제의 요구에 따라 다른 통제 전략을 사용할 수 있게 된다. 따라서 학령중기 아동은 아동의 인지통제 과정을 연구하기에 적합한 연구 대상이 될 수 있다. 연구방법론으로는 DMC 모델을 반영하는 AX-CPT 패러다임을 활용한 ERP 실험을 수행하고자 한다.¹⁴⁾ 이 연구에서는 AX-CPT 과제를 시각 및 청각 자극으로 제시하고, 이에 대한 아동의 ERP 반응을 측정하고 분석하여 아동의 인지통제기제의 특성을 밝히고자 한다. 이 연구는 학령중기 아동의 시각 및 청각 처리과정에 따른 인지통제의 신경학적 기제에 대한 이해를 확장시킬 수 있는 의미 있는 시도가 될 것이다. 또한 시각 및 청각 처리과정에 따른 아동의 인지통제기제를 규명함으로써, 학령중기 아동의 교육적 중재에 대한 이론적 토대를 제공할 수 있을 것이다.

14) AX-CPT 패러다임은 DMC 모델에 기반하여 인지통제의 과정을 명확하게 분석할 수 있는 유용한 실험방법이다(Braver et al., 2007). 특히 선행처리과정과 후행처리과정을 동시에 측정할 수 있으며, ERP 방법을 활용하는 경우 인지통제의 하위 기능인 목표활성화, 갈등 인지, 반응 억제를 개별적으로 분석하기에 용이하다(Morales et al., 2015). 이러한 AX-CPT 패러다임에 대해서는 <IV-1. 실험 패러다임>에서 자세히 설명하였다.

Ⅲ. 연구문제 및 용어의 정의

아동의 인지통제에 대한 선행연구 결과를 토대로 이 연구에서는 다음과 같이 구체적인 연구문제를 설정하고, 관련 용어를 조작적으로 정의한다.

1. 연구문제

이 연구의 목적은 인지신경학적 방법론을 통해 학령중기 아동의 시각 및 청각 처리과정에 나타나는 인지통제기제의 특성을 비교, 규명하는 것이다. 이를 위하여 아동에게 시각 및 청각 자극으로 구성된 인지통제 과제를 제시하고, 과제 수행 과정에 나타난 두뇌의 인지 반응을 측정하여 분석하고자 하였다. 이 연구에서는 인지통제에 대한 인지신경학적 지표로 ERP 요소를 활용하였다. ERP 요소는 특정 자극에 대한 인지 처리과정과 관련된 지표로, 인지통제 과제 수행 과정에서 인지통제의 하위 기능이 수행되는 구체적인 양상을 분석할 수 있다. 이 연구에서 활용하는 ERP 요소는 크게 세 가지로, P3b, N2, P3a이다. 이들은 각각 인지통제의 세 가지 하위 기능을 반영하는데, P3b는 목표활성화를, N2는 갈등 인지를, 그리고 P3a는 반응 억제를 반영하는 것으로 알려져 있다(Morales et al., 2015). 이 연구에서는 이 세 가지 ERP 요소를 도출할 수 있는 AX-CPT 패러다임을 통해, 아동의 시각 및 청각 처리과정에서 나타나는 ERP 반응을 분석하여 인지통제기제의 특성을 비교하고자 한다.¹⁵⁾ 이러한 연구목적에 따라 다음과 같은 구체적인 연구문제를 설정하였다.

15) AX-CPT 패러다임과 ERP 요소에 대한 내용은 연구방법과 밀접한 관련이 있으므로, <Ⅳ-1. 실험 패러다임>에서 자세히 설명하였다.

【연구문제 1】 학령중기(만 9-10세) 아동의 시각 처리과정에서 나타나는 인지통제의 특성은 어떠한가?

1-1. 아동의 시각 처리과정에서 나타나는 목표활성화(P3b)의 양상은 어떠한가?

1-2. 아동의 시각 처리과정에서 나타나는 갈등 인지(N2)의 양상은 어떠한가?

1-3. 아동의 시각 처리과정에서 나타나는 반응 억제(P3a)의 양상은 어떠한가?

【연구문제 2】 학령중기(만 9-10세) 아동의 청각 처리과정에서 나타나는 인지통제의 특성은 어떠한가?

2-1. 아동의 청각 처리과정에서 나타나는 목표활성화(P3b)의 양상은 어떠한가?

2-2. 아동의 청각 처리과정에서 나타나는 갈등 인지(N2)의 양상은 어떠한가?

2-3. 아동의 청각 처리과정에서 나타나는 반응 억제(P3a)의 양상은 어떠한가?

【연구문제 3】 학령중기(만 9-10세) 아동의 인지통제기제에서 시각 처리과정과 청각 처리과정의 차이점은 무엇인가?

2. 용어의 정의

이 연구의 연구문제에 포함된 주요 용어인 목표활성화, 갈등 인지, 그리고 반응 억제는 관련 선행연구들을 참고하여 다음과 같이 조작적으로 정의한다.

1) 목표활성화

목표활성화(goal activation)는 과제를 성공적으로 수행하기 위하여 과제와 관련된 추상적인 목표 표상을 적극적으로 유지하고 반응을 미리 준비하는 것을 의미한다(Morales et al., 2015). 이 연구에서 목표활성화는 아동이 시각 및 청각 자극으로 제시되는 AX-CPT 과제를 수행할 때, 맥락 단서인 신호(cue)를 처리하는 과정에서 나타나는 인지통제의 하위 기능으로 조작적으로 정의한다. 목표활성화에 대한 인지신경학적 지표는 P3b이다. 신호 처리과정에서 신호유형(A, non-A)에 따라 P3b의 진폭이 어떻게 나타나는지를 통해 목표활성화의 양상을 알 수 있다. 이 때, 빈번하게 제시되는 A 신호보다 드물게 제시되는 non-A 신호에서 P3b의 진폭이 더 높은 경우 효율적인 목표활성화가 수행되는 것으로 해석한다.

2) 갈등 인지

갈등 인지(conflict detection)는 목표와 불일치하거나 예측과 어긋나는 자극이 나타날 경우 이와 같은 갈등 상황을 알아차리는 것을 의미한다(Morales et al., 2015). 이 연구에서 갈등 인지는 아동이 시각 및 청각 자극으로 제시되는 AX-CPT 과제를 수행할 때, 신호 다음에 제시되는

표적자극(probe)을 처리하는 과정에서 첫 번째로 나타나는 인지통제의 하위 기능으로 조작적으로 정의한다. 갈등 인지에 대한 인지신경학적 지표는 N2이다. 표적자극 처리과정에서 조건유형(기대위반,¹⁶⁾ 반응갈등,¹⁷⁾ 통제)에 따라 N2의 진폭이 어떻게 나타나는지를 통해 갈등 인지의 양상을 알 수 있다. N2의 진폭이 보다 높을수록 갈등 인지가 강하게 수행되는 것으로 해석한다.

3) 반응 억제

반응 억제(response inhibition)는 갈등 상황에서 이전의 우세한 반응 또는 부적절한 반응을 억제하는 것을 의미한다(Morales et al., 2015). 이 연구에서 반응 억제는 아동이 시각 및 청각 자극으로 제시되는 AX-CPT 과제를 수행할 때, 신호 다음에 제시되는 표적자극을 처리하는 과정에서 두 번째로 나타나는 인지통제의 하위 기능으로 조작적으로 정의한다. 반응 억제에 대한 인지신경학적 지표는 P3a이다. 표적자극 처리과정에서 조건유형(기대위반, 반응갈등, 통제)에 따라 P3a의 진폭이 어떻게 나타나는지를 통해 반응 억제의 양상을 알 수 있다. P3a의 진폭이 보다 높을수록 반응 억제가 강하게 수행되는 것으로 해석한다.

16) 기대위반 조건은 맥락 단서를 처리하는 과정에서 목표활성화가 수행되었으나 목표에 따른 예측이 어긋나는 상황에서 우세한 반응을 억제해야 하는 조건을 의미한다.

17) 반응갈등 조건은 맥락 단서를 처리하는 과정에서 목표활성화가 수행되지 않아 미리 예측이 일어나지 않은 상황에서 상충되는 반응 중 하나를 선택해야 하는 조건을 의미한다.

IV. 연구방법 및 절차

위의 연구문제를 해결하기 위하여 이 장에서는 이 연구에서 사용될 실험 패러다임인 AX-CPT 패러다임과 ERP 요소에 관하여 구체적으로 설명한다. 이와 함께 연구대상, 연구도구, 연구절차, 자료 분석 방법을 자세히 기술한다.

1. 실험 패러다임

1) AX-CPT 패러다임

이 연구에서는 아동의 인지통제기제를 규명하기 위한 실험 패러다임으로, AX-CPT(AX-Continuous Performance Test) 패러다임을 활용한다(Braver, 2012; Braver et al., 2007). AX-CPT 패러다임은 DMC 이론을 기반으로 하는 대표적인 인지통제 과제로, 선행처리과정과 후행처리과정을 동시에 살펴볼 수 있으며 인지통제의 하위 기능을 구체적으로 측정할 수 있다. AX-CPT 패러다임은 전통적인 연속수행검사(Continuous Performance Test; Rosvold, Mirsky, Sarason, Bransome, & Beck, 1956)의 변형된 버전으로, 연속수행검사에 반응 억제를 측정하는 Go/No-Go 패러다임을 적용한 과제라고 할 수 있다(Braver et al., 2007).¹⁸⁾ AX-CPT 패러다임은 과제 설계가 비교적 간단하고 광범위한 모집단에 적용가능하다는 장점이 있다. 또한 다른 인지통제 과제보다 선행처

18) AX-CPT 패러다임은 과제를 구성하는 자극이 알파벳이고 표적반응을 해야 하는 표적 조건의 자극이 A와 X이기 때문에 붙여진 이름이다. 대상 연령이나 실험 변인에 따라 알파벳 대신 숫자, 그림, 기호 등 다양한 자극을 활용하여 조건유형에 맞게 설계할 수 있다.

리과정을 더욱 구체적으로 측정할 수 있는데, 스트룹 과제나 전환 과제와 같은 다른 과제들은 자극이 나타나기 전 미리 특정한 반응을 준비한다는 것이 불가능하기 때문이다(Redick, 2014).

AX-CPT 패러다임을 구성하는 네 가지 조건유형과 각 조건유형의 특성은 <표 IV-1>과 같다(Braver, Paxton, Locke, & Barch, 2009).

<표 IV-1> AX-CPT 패러다임의 조건유형과 특성

조건유형	신호 (Cue)	표적자극 (Probe)	비율 (%)	정 반응	특성
AX	A (정신호)	X (표적)	70	Yes (표적)	표적 조건
AY	A (정신호)	non-X (비표적)	10	No (비표적)	기대위반 조건 (선행처리과정 우세하면 수행 저하)
BX	non-A (오신호)	X (표적)	10	No (비표적)	반응갈등 조건 (후행처리과정 우세하면 수행 저하)
BY	non-A (오신호)	non-X (비표적)	10	No (비표적)	통제 조건

AX-CPT 패러다임을 구성하는 네 가지 조건유형은 AX, AY, BX, BY 조건이다. 아동은 일정 간격을 두고 차례로 제시되는 두 개의 자극을 보거나 들은 후, yes 또는 no 중 하나의 반응키를 눌러야 한다. 처음에 나타나는 자극이 맥락 단서를 의미하는 신호(cue)이고, 다음에 나타나는 자극이 반응을 해야 하는 표적자극(probe)이다. AX 조건은 처음에 제시되는 신호가 A이고, 다음에 나오는 표적자극이 X인 조건이다. AY 조건은 A 다음에 X가 아닌 다른 알파벳이 나오는 조건, BX 조건은 A가 아닌 알파벳 뒤에 X가 나오는 조건, BY 조건은 A가 아닌 알파벳 뒤에 X가 아닌 알파벳이 나오는 조건이다. 아동은 하나씩 차례로 제시되는

두 개의 알파벳을 본 후 키보드의 버튼을 최대한 빠르고 정확하게 누르도록 지시받는데, AX 조건에서만 yes 버튼을 눌러야 하고(표적반응), 다른 모든 조건에 대해서는 no 버튼을 눌러야 한다(비표적반응). AX-CPT 패러다임에서 조건유형의 비율은 AX 조건이 70%로 나머지 조건들보다 훨씬 높은 비율로 구성된다. 이와 같이 표적반응을 해야 하는 조건의 비율이 매우 높은 과제의 특성으로 인하여, 처음에 나타나는 신호는 다음에 나타날 표적자극을 예측할 수 있게 해주는 맥락 단서를 제공하는 역할을 한다. 신호와 표적자극의 특성에 따라, 네 개의 조건유형은 각각 표적 조건(A/X), 기대위반 조건(A/non-X), 반응갈등 조건(non-A/X), 통제 조건(non-A/non-X)으로 명명할 수 있다.

이 중 기대위반 조건과 반응갈등 조건은 표적반응과 비표적반응이 상충되는 조건으로, AX-CPT 패러다임 분석의 초점은 이 두 조건의 수행에 어떠한 양상이 나타나는가를 밝히는 데 있다(Braver et al., 2009). 기대위반 조건은 신호가 표적반응과 관련 있지만 뒤에 나타나는 자극이 표적이 아닌 조건이다. 즉, 신호 처리과정에서 목표에 따른 예측이 일어난 경우, 이것이 어긋나는 상황에서 우세한 반응을 억제해야 하는 조건이다. 반응갈등 조건은 신호가 비표적반응과 관련 있지만 뒤에 나타나는 자극이 표적인 조건이다. 만약 신호 처리과정에서 미리 예측이 일어나지 않았다면 표적자극 처리과정에서 상충되는 반응 중 하나를 선택해야 한다. 이 두 조건의 수행에 어떠한 패턴이 나타나는지에 따라 선행처리과정이 우세한지, 후행처리과정이 우세한지를 판단할 수 있다(Braver, 2012; Braver et al., 2009).

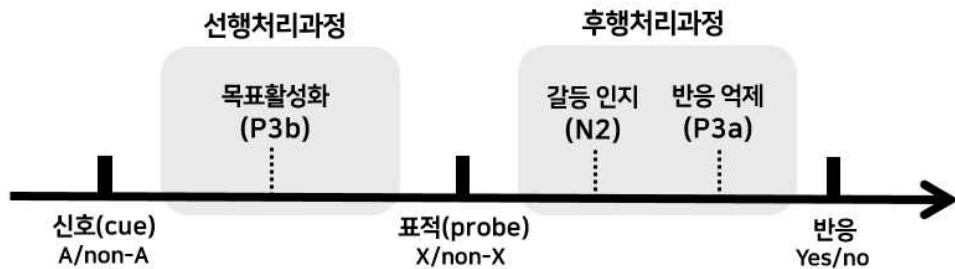
선행처리과정이 우세한 아동은 반응갈등 조건보다 기대위반 조건의 수행이 더 저하될 것이다. 이 과제에서는 표적 조건(A/X)의 비율이 70%로 A 신호가 표적반응을 강하게 예측하므로 A 신호가 나타났을 때 X

표적을 기대하고 표적반응을 하려는 목표를 세우게 된다. 그리고 non-A 신호는 비표적반응을 100% 예측하므로 다음에 어떤 자극이 나오는지와 관계없이 비표적반응을 하려는 목표를 세울 것이다. 따라서 기대위반 조건에서 표적반응에 대한 억제가 더욱 요구되고 오류가 나타날 가능성이 높다. 반면, 반응갈등 조건에서는 준비했던 비표적반응을 하면 되므로 오류가 나타날 가능성이 낮고 반응시간이 더 빨라진다.

이와 반대로 선행처리과정이 비교적 약하게 일어났던 아동, 즉 후행처리과정을 우세하게 활용하는 아동은 기대위반 조건보다 반응갈등 조건의 수행이 저하될 가능성이 높다. 이 아동은 신호 정보를 적극적으로 유지하지 않으므로, A 신호에 대한 강한 편향이 덜 나타나 기대위반 조건에서 표적반응을 억제해야 하는 부담이 비교적 낮다. 반응갈등 조건(non-A/X)에서 X 표적은 표적반응과 강한 관련이 있으므로, non-A 신호에서 비표적반응을 하려는 준비가 이루어지지 않는다면 X 표적과 관련된 표적반응을 억제해야 하는 부담이 더 증가한다. 이 때 반응 억제가 제대로 수행되지 않는다면 반응갈등 조건에서 오류가 증가하게 된다.

2) 사건 전위(ERP) 요소

이 연구에서 AX-CPT 패러다임을 통해 분석할 ERP 요소들을 과제 수행 과정에 따라 살펴보면 [그림 IV-1]과 같다(Morales et al., 2015). ERP 요소 분석을 통해 각 요소들이 반영하는 인지통제 하위 기능의 양상을 살펴볼 수 있다. 그리고 각 하위 기능이 어떠한 양상으로 나타나는지를 통해 아동이 선행처리과정을 우세하게 사용하는지, 후행처리과정을 우세하게 사용하는지 판단할 수 있다(Braver, 2012).



[그림 IV-1] AX-CPT 패러다임의 ERP 요소

(1) P3b : 목표활성화

AX-CPT 패러다임에서 인지통제기제 분석을 위한 첫 번째 인지신경학적 지표는 P3b이다. P3b는 자극 제시 후 약 350-600ms에서 발생하는 양전위로, 대체로 중앙두정영역(centroparietal region)에서 가장 크게 나타난다(Polich, 2007). P3b의 진폭은 자극 범주의 확률(probability)이 낮을수록, 자극의 특이성(salience)이 높아 자극 범주가 구별하기 쉬운 특성을 가질수록 증가하는 것으로 알려져 있다. P3b의 진폭은 과제에 더 많은 인지적 노력을 기울일 때 커지는 경향이 있으며, 과제 목표에 얼마나 많은 주의를 할당하는지에 민감한 측정치이다(Isreal, Chesney, Wickens, & Donchin, 1980; Polich, 2007).¹⁹⁾

AX-CPT 패러다임에서 P3b는 신호를 보고 목표를 활성화하는 과정에서 검출된다. 특히 P3b의 진폭은 선행처리과정에서 목표활성화를 위한 인지적 부담을 반영한다. 그래서 AX-CPT 패러다임에서 일반적으로 A

19) P3b를 분석한 선행연구들에서 가장 널리 인용되어 온 이론은 Donchin(1981)의 맥락 최신화 모델(context updating model)이다. P3b는 자극의 감각적 특성이 아니라 과제의 맥락 정보와 관련된 하향식 인지 과정을 반영한다. 특히 과제 수행 과정에서 자극에 따라 내적인 목표를 전환하는 과정에서 나타난다(Polich, 2007). 따라서 P3b는 자극 자체에 대한 반응이라기보다는 과제 전체를 성공적으로 수행하기 위한 상위 인지 전략을 반영하는 지표라고 할 수 있다.

신호보다 non-A 신호에서 P3b 진폭이 더 크게 나타난다. 이는 높은 확률로 제시되는 A 신호보다 낮은 확률로 제시되는 non-A 신호에 대해서 목표를 활성화하기 위하여 더 많은 주의를 기울여야 하기 때문이다 (Kamijo & Masaki, 2016; Morales et al., 2015; Morales, Gómez-Ariza, & Bajo, 2013; Wright et al., 2002). 따라서 선행처리과정이 원활히 수행된다면 non-A 신호에 대한 P3b 진폭이 A 신호보다 더 크게 나타날 것으로 예상할 수 있다.

(2) N2 : 갈등 인지

AX-CPT 패러다임에서 인지통제기제 분석을 위한 두 번째 인지신경학적 지표는 N2이다. N2는 자극 제시 후 약 200-350ms에서 발생하는 음전위로, 전두엽을 포함하는 전두중앙영역(frontocentral region)에서 가장 크게 나타난다(Folstein & van Petten, 2008). N2는 새로운 자극이나 방해자극과 같이 목표와 관련 없거나 우세한 반응을 억제해야 하는 갈등 상황을 인지하는 기능을 반영한다(Folstein & van Petten, 2008; van Veen & Carter, 2002).²⁰⁾ N2의 진폭은 갈등 상황을 인식하기 위하여 더 많은 인지적 노력이 요구될수록 높아진다(Nieuwenhuis, Yeung, & Cohen, 2004).²¹⁾

AX-CPT 패러다임에서 N2는 표적자극이 제시된 후에 나타나는데, 기대위반 조건(A/non-X) 또는 반응갈등 조건(non-A/X)에서 확인될 수

20) 기존 연구들은 N2가 반응 억제와 같이 행동의 즉각적인 통제를 반영하는 것으로 보았으나, 최근 연구들에서는 N2가 갈등 인지 및 모니터링 기능을 반영하는 지표로 해석된다. N2는 반응을 하지 않아야 하는 조건이 아니라 반응에 대한 갈등이 존재하는 조건에서 검출되고, 특히 반응에 대한 갈등 조건이 낮은 비율로 나타나는 경우에 N2의 진폭이 더 높았기 때문이다(Nieuwenhuis, Yeung, van den Wildenberg, & Ridderinkhof, 2003).

21) 예를 들면, 자극의 감각적 유사성의 정도가 증가할수록 N2 진폭이 커지는데, 시각과 청각 자극 모두 이러한 경향이 나타나는 것으로 알려져 있다(예, F-T: 시각적 유사성 높은 조건, F-S: 청각적 유사성 높은 조건).

있다. 왜냐하면, 두 조건 모두 표적반응(yes)과 비표적반응(no)이 상충되는 상황이기 때문이다. 특히 반응갈등 조건보다 기대위반 조건에서 N2가 가장 뚜렷하게 확인될 수 있다. 이는 A 신호 다음에 X 표적이 나타나는 표적조건의 확률이 70%로 매우 높기 때문이다. 아동은 높은 확률로 나타나는 A 신호를 보고 X 표적을 기대하게 된다. 그런데 기대위반 조건에서는 A 신호 다음에 기대했던 X 표적이 나타나지 않기 때문에 갈등 상황에 대한 인지가 강하게 나타나게 된다. 이와 같이 기대위반 조건에서 N2 진폭이 높게 나타날 경우 이는 선행처리과정에서 신호 정보를 활용한 목표활성화가 수행된 결과 갈등 상황을 분명하게 인식했음을 의미하기 때문에 선행처리과정이 우세한 것으로 해석한다(Morales et al., 2015).

(3) P3a : 반응 억제

AX-CPT 패러다임에서 인지통제기제 분석을 위한 마지막 인지신경학적 지표는 P3a이다. P3a는 자극 제시 후 약 250-500ms에 발생하는 양전위로, N2와 마찬가지로 전두중앙영역(frontocentral region)에서 크게 발생한다(Polich, 2007). P3b와 비교하였을 때는 시간대가 약간 앞서 나타나며, 검출영역 또한 전두엽을 포함하는 앞쪽 영역에서 나타난다는 점이 다르다. 또한 P3a가 반영하는 인지 기능에도 차이가 있다. P3b가 과제 맥락과 관련된 하향식 통제 기능인 목표활성화를 반영하는 것과 달리, P3a는 특정 자극에 대한 주의 및 반응 억제를 반영하는 것으로 알려져 있다(Polich, 2007, 2012).²²⁾

22) P3a를 유발하는 과제 상황은 크게 두 가지로 나누어볼 수 있다(Polich, 2007): ① 먼 전형적인 자극들(예, 일정 크기의 기계음, 알파벳 등)이 반복적으로 제시되는 도중 예기치 못한 새로운 방해 자극(예, 강아지 소리, 종소리 등)이 갑자기 나타났을 때 유발된다(novelty P3). P3b에 비해 주의 정향(orienting response)과 직접 관련된 지표이며 과제 수행 시 특정 반응을 하지 않더라도 검출된다. ② 빈번하게 나타나는 표적 자극

AX-CPT 패러다임에서 P3a는 반응 억제를 반영하는 지표로, 표적 자극을 처리하는 과정에서 N2 다음으로 검출된다. P3a 또한 표적반응과 비표적반응이 상충되는 기대위반 조건(A/non-X) 또는 반응갈등 조건(non-A/X)에서 확인될 수 있다. 선행처리과정이 우세한 경우 두 조건 중 기대위반 조건에서 P3a 진폭이 더 높게 나타난다. 기대위반 조건에서 A 신호 다음에 non-X 표적이 나타났을 때 기대했던 표적반응을 억제해야 하는 부담이 더 크기 때문이다(Morales et al., 2015). 반면 후행처리과정이 우세한 경우에는 반응갈등 조건에서 P3a 진폭이 더 높게 나타난다. 후행처리과정을 사용하는 경우 미리 반응을 준비하지 않으므로, 기대위반 조건에서의 반응 억제 부담이 비교적 낮다. 대신, 반응갈등 조건에서 나타나는 X 표적은 높은 확률로 표적반응과 관련이 있으므로 반응갈등 조건에서 반응 억제의 부담이 더 높다(Braver et al., 2009; Lucenet & Blaye, 2014; Redick, 2014).

이러한 ERP 요소들을 활용하여 인지통제 하위 기능의 양상을 분석함으로써, 시각 및 청각 처리과정에서 나타나는 인지통제기제의 특성을 규명하고자 한다. 위에서 살펴본 P3b, N2, P3a는 시각, 청각 등 감각 양식에 관계없이 동일한 인지 기능을 반영하는 것으로 알려져 있다(Nieuwenhuis et al., 2004; Polich, 2007). 따라서 ERP 요소 분석을 통하여 시각 및 청각 처리과정에서 나타나는 인지통제기제의 비교가 가능하다.

에만 반응하고(go 조건) 드물게 나타나는 방해 자극에는 반응하지 않아야 하는 경우(no-go 조건)에 P3a가 유발된다(no-go P3). 이 때 발생하는 P3a는 반응 억제를 반영한다(Bekker, Kenemans, & Verbaten, 2004). AX-CPT 패러다임에서 P3a를 유발하는 상황은 예기치 못한 새로운 자극이 아니라 과제 맥락에 의해 규정된 방해 자극이 나타나는 상황이다. 이 연구에서 P3a는 높은 확률로 나타나는 표적반응(yes)과 상충되는 비표적반응(no)을 해야 하는 상황에서 검출되므로, 반응 억제를 반영하는 것으로 볼 수 있다(Morales et al., 2015).

2. 연구 대상

이 연구는 서울 및 수도권 지역에 거주하는 만 9-10세 학령중기 아동 22명을 연구 참여자로 선정하였다. 만 9-10세는 인지통제가 안정적으로 발달하기 시작하는 시기(Chevalier et al., 2015; Lorschbach & Reimer, 2010)로 알려져 있다. 또한 출생 직후부터 충분히 성숙되어 있는 청각뿐만 아니라(Morse & Cowan, 1982), 출생 후 서서히 발달하기 시작하는 시각의 발달이 성인 수준으로 완료되는 시기이기도 하다(Wright, 2006).

이 연구에서는 아동이 시각 및 청각으로 제시되는 동일한 과제를 모두 실시하도록 하였다. 집단의 크기는 G*Power version 3.0.10. 프로그램을 이용한 검정력 분석에 따라(유의수준 = 0.05, 설명력 = 0.95, 효과크기 = 0.25) 18명으로 계산되었다. 특히 ERP 연구의 경우에는 피험자 간 설계보다 피험자 내 설계의 이점이 있는데, 전반적인 아동 간 차이의 효과를 제거할 수 있고, 통계적 검정력이 보다 높아지기 때문이다(Luck, 2014). ERP 연구에서 피험자 내 설계의 경우 최종 분석 시 대체로 12-16명의 피험자가 요구된다(Luck, 2014, p. 262). 아동의 경우에는 뇌파 측정 시 노이즈가 발생할 가능성이 더 높으므로 G*Power 프로그램을 통하여 산출된 집단 크기에 약 20%의 탈락률을 고려하여 총 22명의 아동을 연구대상으로 선정하였다.

연구 참여 아동의 선정기준은 오른손잡이이고, 나안 또는 교정시력이 0.8 이상이며 청력이 정상인 아동으로 하였다. 손잡이는 두뇌 편재화와 관련이 있어 뇌파 검사 결과에 영향을 미칠 수 있으므로 오른손잡이 아동만을 포함하였다. 참여자 모집 과정에서 부모로부터 오른손잡이 여부를 확인하고, 실험실에 도착한 후 총 10문항으로 구성된 아동 손잡이 검

사²³⁾를 실시하여 총점이 8점 이상인 경우 분석에 포함하였다. 시력과 청력의 경우, 1차로 모집 과정에서 부모로부터 교정시력 및 정상 청력 여부를 확인하였다. 실험을 시작하기 전 시력검사표를 통한 검사를 통해 교정시력이 0.8 이상인지 확인하였으며, 청력은 청각과제 실험을 실시하기 전 연습 시행을 통해 과제에 나오는 모든 자극들이 충분히 잘 들리는지 확인하였다. 또한, 뇌파 검사 결과에 영향을 미칠 수 있는 소아정신과 치료 병력 및 가족력, 뇌외상/뇌질환 관련 약물 치료 경험 등(최인화, 2009)을 모집 단계에서 보호자로부터 확인하여, 이러한 병력이 있는 경우에는 연구 참여가 제한되었다.

실험을 시작하기 전에 결과에 영향을 미칠 수 있는 지능 및 문제행동을 통제하기 위하여 두 가지 선별 검사(screening)를 실시하였다. 먼저, 인지통제 과제 수행에 영향을 미칠 수 있는 지능 수준을 통제하기 위하여 한국 웨슬러 아동지능검사 4판(K-WISC-IV)을 실시하여 전체 점수 및 4가지 하위 지표점수에서 80점 미만²⁴⁾인 아동을 분석에서 제외하였다. 또한, 불안, 우울과 같은 정서문제나 주의력 결핍, 과잉행동과 같은 행동문제는 아동의 뇌파 검사에 영향을 미칠 수 있으므로, 아동·청소년 행동평가척도(CBCL 6-18)를 통해 부모가 평정하도록 하여 임상으로 분류된 아동을 분석에서 제외하였다. 이에 따라 지능검사에서 작업기억 지표점수가 80점 미만이었던 아동 1명, 행동평가척도의 내재화 문제에서 임상으로 분류된 아동 1명, 그리고 뇌파 검사에서 노이즈로 인하여 제외된 시행 수가 전체의 25% 이상(Luck, 2014)이었던 아동 1명을 제외하고

23) 이 연구에서는 아동 손잡이 검사로 에딘버러 손잡이 검사(Edinburgh Handedness Inventory; Oldfield, 1971)를 사용하였다. 세부 문항내용은 <부록 1>에 제시하였다.

24) 한국 웨슬러 아동지능검사 4판의 질적 분류 기준은 다음과 같다(곽금주·오상우·김청택, 2011): 70 미만(매우 낮음), 70-79(경계선), 80-90(평균 하), 90-109(평균), 110-119(평균 상), 120-129(우수), 130 이상(매우 우수). 이에 따라 ‘평균 하’ 미만에 해당하는 80점을 절단점수로 하였다.

총 19명(여아 9명)의 데이터가 최종 분석에 포함되었다. 최종 분석에 포함된 참여 아동의 연령 및 성별은 <표 IV-2>와 같다. 남아(52.6%)와 여아(47.4%)의 전체 비율은 동일한 수준이었으며, 연령별로 살펴보았을 때에도 각각 균형을 이루고 있었다. 월령으로 살펴보면 108-130개월 사이였으며, 전체 평균 월령은 약 121개월($SD = 6.52$)이었다.

<표 IV-2> 참여 아동의 연령 및 성별

구분	<i>n</i> (%)		
	남아	여아	전체
만 9세 (평균월령: 114.9)	4(44.4)	5(55.6)	9(100.0)
만 10세(평균월령: 126.2)	6(60.0)	4(40.0)	10(100.0)
전체 (평균월령: 120.8)	10(52.6)	9(47.4)	19(100.0)

한편, 참여 아동의 지능검사 결과는 <표 IV-3>과 같다. 전체 IQ를 살펴보면 104-138점 범위에 분포하고 있으며 평균은 약 120.8점($SD = 10.84$)이었다. 한국 웨슬러 아동지능검사 4판의 분류기준에 따르면 우수(120-129점) 범위에 해당한다. 하위 4개 지표의 평균 또한 106-120점 사이에 분포하며 대체로 평균 상(110-119점) 범위에 해당하는 것으로 나타났다. 각 지표점수와 전체 IQ 점수의 왜도는 절대값 1 이하, 첨도는 절대값 2 이하로 모두 정규분포를 따르고 있다고 할 수 있다(Kline, 2005). 성별과 연령에 따른 *t* 검정 결과 지능검사 결과에 유의한 차이가 나타나지 않았다(all $ps > .10$). 또한 지능검사 결과와 ERP 요소의 진폭 간에는 의미 있는 상관관계가 존재하지 않았다(all $ps > .05$).

<표 IV-3> 참여 아동의 지능검사 결과 분포 ($N = 19$)

구분	최소값	최대값	평균(SD)	왜도	첨도
언어이해	104	143	120.37(11.09)	.55	-.45
지각추론	100	140	119.74(12.09)	-.11	-1.32
작업기억	83	147	114.32(16.94)	-.04	-.23
처리속도	88	126	106.00(12.14)	.28	-1.22
전체 IQ	104	138	120.84(10.84)	.27	-1.32

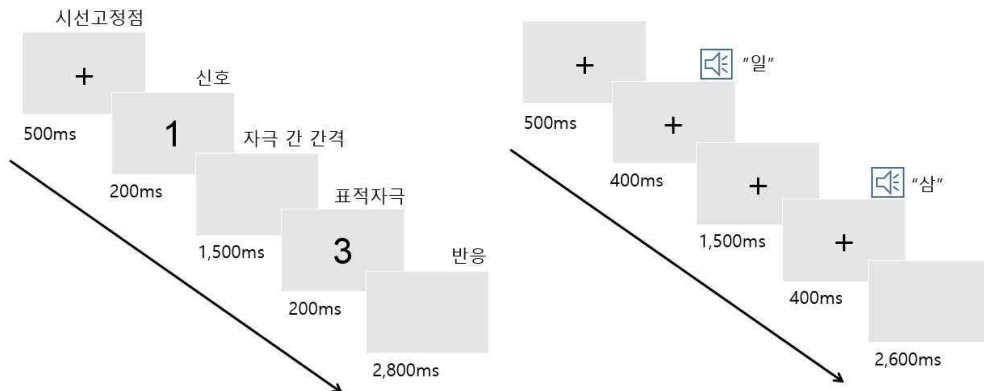
3. 연구 도구

이 연구에서는 아동의 인지통제를 측정하기 위하여 시각 및 청각으로 제시되는 AX-CPT 패러다임(Braver et al., 2007, 2009)을 활용하였다. 이와 함께 선별검사로 한국 웨슬러 아동지능검사 4판(K-WISC-IV)과 아동·청소년 행동평가척도(CBCL 6-18)를 사용하였다.

1) 인지통제 과제: AX-CPT

이 연구에서 사용한 인지통제 과제는 시각 및 청각을 통해 제시되는 AX-CPT 과제로 PsychoPy 프로그램(PsychoPy version 1.84.0; Peirce & MacAskill, 2018)을 이용하여 제작하였다. AX-CPT 과제는 본래 알파벳 자극(예, A, X 등)으로 구성된 과제이지만(Braver et al., 2007), 아동이나 더 어린 유아를 대상으로 한 선행연구들은 연령에 따라 동물 그림 또는 만화 캐릭터 등을 활용하여 과제를 제작하였다(Doebel et al., 2017; Lucenet & Blaye, 2014). 이 연구에서 자극은 모두 한 자리 숫자로 구성하였다. 알파벳을 사용할 경우 한국어를 모국어로 하는 아동이 과제를

수행하는 동안 알파벳이라는 자극 특성으로 인하여 인지적 방해를 받을 수 있고, 영어 학습경험의 개인차가 영향을 미칠 가능성이 있기 때문이다. 또한 이 연구의 목적은 시각 및 청각으로 제시되는 동일한 과제의 수행을 비교하는 것이다. 한국어로 한 자리 숫자를 발음할 경우 모두 1음절로 발음되므로 시각과 청각으로 제시되었을 때 자극 특성의 차이를 최소화할 수 있다는 장점이 있다. 이 연구에서 사용한 시각 및 청각 AX-CPT 과제의 시행 예는 아래 [그림 IV-2]와 같다.



[그림 IV-2] 시각 및 청각 AX-CPT 과제의 시행 예

주. 이 연구의 시각 및 청각 AX-CPT 과제는 각각 표적 조건이 1-3인 세트와 2-4인 세트의 두 가지 버전으로 제작하여, 아동별로 시각/청각 과제 및 1-3/2-4 세트의 제시 순서를 역균형화하였다.

시각 및 청각 AX-CPT 과제는 자극 제시 시간을 제외하고 모든 조건을 동일하게 구성하였다. 각 과제의 자극 구성을 구체적으로 살펴보면 <표 IV-4>와 같다. 감각 처리의 특성에 따라 청각 자극(400ms)이 시각 자극(200ms)보다 좀 더 길게 제시되었는데(Tekok-Kilic, Shucard, & Shucard, 2001), 예비 실험을 실시한 결과 숫자를 모니터에 제시했을 때

와 자연스럽게 숫자를 발음하였을 때 자극을 구별할 수 있는 최소 시간에 차이가 있었기 때문이다. 자극 간 간격(inter-stimulus interval, ISI)은 동일하게 1,500ms로 하였다. 선행연구에 따르면 AX-CPT 과제의 수행에 영향을 미칠 수 있는 중요한 요소 중 하나가 작업기억 능력(Redick & Engle, 2011)이다. 따라서 선행연구를 참고하여 아동의 작업기억 능력에 영향을 받지 않는 시간 간격으로 설정하여 통제하였다(Lorsbach & Reimer, 2010; Lucenet & Blaye, 2014). 총 시행 수는 회기 당 120회씩 총 2회로 하였다.²⁵⁾ 시행 간 간격(inter-trial interval, ITI)은 현재 시행의 두 번째 자극이 제시된 후 다음 시행의 첫 번째 자극이 제시되기까지 주어지는 시간으로, 이 시간 내에 아동은 반응을 완료하여야 한다. 시행 간 간격은 3,000ms으로 아동이 반응하기에 충분한 시간으로 설정되었다. 과제를 완료하는 데 소요되는 시간은 과제당 약 20분씩 총 40분이었다.

<표 IV-4> 시각 및 청각과제의 자극 구성

구분	시각과제	청각과제
자극 유형	숫자(1, 2, ... 9)	숫자(일, 이, ... 구)
자극 제시 시간	200ms	400ms
자극 간 간격(ISI)	1,500ms	1,500ms
시행 수	120개 × 2회	120개 × 2회
시행 간 간격(ITI)	3,000ms	3,000ms
소요시간	약 20분	약 20분

시각과제와 청각과제의 시행은 <표 IV-5>와 같이 총 4개의 조건으로

25) 각 과제별로 본 실험 전 별도의 연습 시행을 10회씩 실시하였다. 실험 절차에 대한 자세한 설명은 <IV-4. 연구 절차>에 제시하였다.

구성하였다. 각 시행에서는 두 개의 한 자리 숫자가 연속으로 제시되는데, 처음에 제시되는 자극을 신호(cue), 다음에 제시되는 자극을 표적(probe)으로 구분한다. 신호와 표적의 특성에 따라 표적 조건, 기대위반 조건, 반응갈등 조건, 통제 조건으로 명명하였다(Braver et al., 2007).²⁶⁾

<표 IV-5> 시각 및 청각과제의 조건유형별 자극 구성

조건유형(cue/probe)	빈도(%)	정반응	자극 예시	
			set 1	set 2
표적 (A/X)	84(70)	O	1-3	2-4
기대위반 (A/non-X)	12(10)	X	1-7, 1-5	2-7, 2-5
반응갈등 (non-A/X)	12(10)	X	5-3, 8-3	5-4, 8-4
통제 (non-A/non-A)	12(10)	X	6-5, 7-9	6-5, 7-9

주. 빈도는 회기 당 빈도(비율)를 의미하며, 1회기의 총 120개 시행이 끝나면 휴식 후 동일한 자극 세트가 무선으로 다시 제시되어 아동은 총 240개 시행을 실시하였다.

표적 조건은 신호와 표적이 정해져 있으며 이 연구에서는 숫자 1-3이 표적 조건(70%)에 해당한다. 기대위반 조건은 1 다음에 3이 아닌 숫자가 나오는 조건(10%), 반응갈등 조건은 1이 아닌 숫자 다음에 3이 나오는 조건(10%), 그리고 통제 조건은 1이 아닌 숫자 다음에 3이 아닌 숫자가 나오는 조건(10%)이다. 표적 조건 이외의 조건에서는 신호와 표적 위치에 등장하는 숫자가 동일한 횟수로 나타나도록 구성하였다. 이 연구에서는 아동이 시각과제와 청각과제를 모두 실시하게 되므로, 두 번째로 실시하는 과제에서 첫 번째 과제의 영향을 받는 순서 효과를 통제할 필요가 있다. 따라서 표적 조건이 1-3 또는 2-4인 두 가지 자극 세트를 만들

26) 각 조건유형에 대한 자세한 내용은 <IV-1. 실험 패러다임>에 기술하였다.

어 아동별로 시각/청각 과제 및 1-3/2-4 세트의 제시 순서를 역균형화(counterbalancing)하였다. 또한, 과제 수행에 영향을 미칠 수 있는 요인 중 하나인 자극의 지각적 유사성을 통제할 필요가 있다(Morales et al., 2013; Nieuwenhuis et al., 2004). 이 연구에서는 청각 자극을 구성할 때 발음의 유사성이 과제 수행에 미치는 영향을 통제하기 위하여, 가장 빈번하게 나타나는 표적 조건의 두 숫자와 발음이 유사한 숫자는 동일한 위치에서 제외하였다(예, 1-3 세트에서는 2-4 제외, 2-4 세트에서는 1-3 제외). 시각과제 또한 청각과제와 동일한 규칙을 적용하였다.

이렇게 구성된 자극은 두 과제 모두 동일하게 임의로 추출하여 아동에게 제시하였다(<표 IV-5> 자극 예시 참고). 아동이 수행해야 할 반응은 표적 조건에서만 키보드에서 오른손 검지로 m 키를 누르고(표적반응), 나머지 조건에서는 모두 왼손 검지로 z 키를 누르는 것이다(비표적반응). 반응키에는 각각 노란색 O, X 스티커를 부착하여 아동의 반응 혼란을 최소화할 수 있도록 하였다. 시각 및 청각 AX-CPT 과제의 세부 내용은 이어서 구체적으로 기술한다.

(1) 시각 AX-CPT 과제

시각 AX-CPT 과제에서 숫자는 연한 회색 바탕의 모니터 중앙에 검은색 Arial 글자체로 제시하였다([그림 IV-2] 참고). 숫자 크기는 5cm × 7cm로 제시하였으며, 아동과 모니터의 거리는 약 70cm이었다. 첫 번째 숫자가 나타나기 전 500ms 동안 시선고정점(+)을 제시하여 주시를 유지하도록 하였다. 각 숫자는 200ms 동안 화면에 나타나고 두 숫자 간 간격은 1,500ms이었다. 반응시간은 두 번째 숫자(표적)가 제시된 시점부터 3,000ms로 설정하고, 이 시간 내에 반응하지 않는 경우에는 자동으로 다음 시행으로 넘어가도록 하였다. 따라서 아동이 하나의 시행에 대하여

반응을 완료하는 데까지 걸리는 시간은 5,200ms이었다. 1회기 당 120개의 시행으로 구성된 자극 세트를 총 2회 실시하였다. 시각과제는 회기 당 약 10분씩 총 20여분이 소요되었다. 아동의 피로와 주의력 저하에 따른 영향을 최소화하기 위하여, 1회기가 끝난 후 아동의 요청에 따라 최대 5분까지 휴식을 취할 수 있도록 하였다.

(2) 청각 AX-CPT 과제

청각 AX-CPT 과제의 숫자 자극은 시각과제와 동일하게 구성하였다 ([그림 IV-2] 참고). 청각 숫자 자극은 한국어를 모국어로 하는 성인 여성의 목소리로 차폐실에서 녹음한 후, 소리의 크기(dB)와 길이가 동일하도록 음성 분석 소프트웨어(Praat version 6.0.36; Boersma & Weenink, 2018)를 사용하여 음향 파일(*.wav) 형식으로 제작하였다. 청각 자극은 아동이 이어폰을 통해 들을 수 있도록 하고 양쪽 귀에 동일하게 70dB의 크기로 제시하였다. 청각 자극의 경우 시각 자극에 비해 온전하게 인식되는 데 좀 더 오랜 시간이 소요되는 것을 고려하여 시각 자극보다 200ms 더 긴 400ms로 제시하였다. 시각 및 청각 자극의 제시시간은 선행연구를 참고하였으며(Tekok-Kilic et al., 2001), 예비 실험을 통해 아동이 두 가지 자극을 모두 제대로 인식하는 데 문제가 없음을 확인하였다.

시각과제와 동일하게 첫 번째 숫자가 들리기 전 500ms 동안 시선고정점(+)을 제시하였다. 각 숫자는 400ms 동안 들리고 두 숫자 간 간격은 1,500ms이었다. 반응시간은 두 번째 숫자가 제시된 시점부터 3,000ms로 설정하고, 이 시간 내에 반응하지 않는 경우에는 자동으로 다음 시행으로 넘어가도록 하였다. 청각 자극을 듣는 동안에는 아동의 눈 움직임이 과도하게 나타나지 않도록 시선고정점을 계속 제시하였다. 아동이 하나

의 시행에 대하여 반응을 완료하는 데까지 걸리는 시간은 5,400ms이었다. 1회기 당 120개의 시행으로 구성된 자극 세트를 총 2회 실시하였다. 청각과제는 회기 당 약 10분씩 총 20여분이 소요되었다. 아동의 피로와 주의력 저하에 따른 영향을 최소화하기 위하여, 1회기가 끝난 후 아동의 요청에 따라 최대 5분까지 휴식을 취할 수 있도록 하였다.

2) 지능검사

아동의 인지통제에 영향을 미치는 것으로 알려진 지능(Kane & Engle, 2003; Redick, 2014)을 통제하기 위하여 지능검사를 실시하였다. 한국 웨슬러 아동지능검사 4판(K-WISC-IV, Korean-Wechsler Intelligence Scale for Children-Fourth Edition; 광금주 · 오상우 · 김청택, 2011)은 6세 0개월부터 16세 11개월에 해당하는 아동을 대상으로 표준화된 지능검사 도구이다. 15개 소검사 중 10개 소검사(공통성, 어휘, 이해, 토막짜기, 공통그림찾기, 행렬추리, 숫자, 순차연결, 기호쓰기, 동형찾기)를 실시하여 4개 하위지표(언어이해, 지각추론, 작업기억, 처리속도)의 점수와 전체 IQ를 산출하였다. 전체 IQ와 4개 하위지표 중 평균 하에 해당하는 절단 점수인 80점 미만인 경우에는 분석에서 제외하였다. 검사 결과, 연구 참여 아동 22명 중 작업기억 지표점수가 80점 미만이었던 아동 1명이 최종 분석에서 제외되었다.

3) 정서행동문제 평가

아동의 뇌파 검사 결과에 영향을 미칠 수 있는 다양한 정서행동문제를 통제하기 위하여 아동 · 청소년 행동평가척도(CBCL 6-18; Achenbach

& Rescorla, 2001) 부모용을 실시하였다. CBCL 6-18은 우리나라에서 만 6-18세의 아동 및 청소년을 대상으로 표준화된 문제행동 검사도구이다 (오경자·김영아, 2010). 내재화, 외현화 문제행동 척도뿐 아니라 DSM 진단 척도가 포함되어 있어 뇌파 검사 결과에 영향을 미칠 가능성이 있는 다양한 정서행동문제를 확인할 수 있다. 내재화 문제행동의 하위 척도는 정서적 반응성, 불안/우울, 신체증상, 위축이며, 외현화 문제행동의 하위 척도는 주의집중문제, 공격행동이다. DSM 진단척도는 정서문제, 불안문제, 전반적 발달문제, ADHD, 반항행동문제로 구성되어 있다. 이와 같은 문제행동을 평가하는 총 119문항에 대하여 지난 6개월 내에 아동이 그 행동을 얼마나 자주 보였는지를 부모가 3점 척도(0-1-2)로 평가하도록 하였다.

우울 또는 불안한 아동의 경우 EEG 파형이 다르게 나올 수 있다. 또한, 주의가 산만하거나 활동성이 높은 아동의 경우 EEG 파형에 영향을 미칠 뿐만 아니라 움직임으로 인하여 정확한 뇌파 측정을 어렵게 만들 수 있다. 특히 불안과 같은 정서적 요인은 인지통제에도 영향을 미칠 수 있는 것으로 알려져 있다(Fales et al., 2008). CBCL 검사 결과 각 하위 척도에서 표준점수가 70점 이상으로 임상군으로 분류된 아동은 분석에서 제외하였다. 검사 결과, 연구 참여 아동 22명 중 불안/우울 척도를 포함하는 내재화 문제행동 척도에서 임상군으로 분류된 아동 1명이 최종 분석에서 제외되었다. 최종 분석에 포함된 아동은 내재화, 외현화 문제행동 및 DSM 진단 척도에서 모두 정상 범위에 해당하였다.

4. 연구 절차

1) 실험 절차

이 연구는 서울대학교 생명연구윤리위원회의 승인(SNUIRB No. 1802/002-002)을 받아 실시되었다. 본 실험을 실시하기 전 대상 연령에 해당하는 아동 2명을 대상으로 예비 실험을 실시하였다. 예비 실험을 통하여 이 연구에서 제작한 시각 및 청각 AX-CPT 과제의 자극과 실험 절차, 총 소요 시간 등이 적합한지 검토하였다. 예비 실험 결과 이 연구의 과제가 만 9-10세 아동이 수행하는 데 적절한 것으로 확인되었다.

본 실험은 2018년 4월부터 7월 사이에 서울대학교 뇌융합인문과학실험실에서 이루어졌다. 뇌과 실험을 위하여 아동과 보호자가 함께 실험실에 방문하여야 하므로 서울 및 수도권 지역을 중심으로 모집문건을 배포하였다. 온라인 및 오프라인으로 배포된 모집문건을 보고 자발적으로 참여 의사를 밝힌 아동의 보호자에게는 우선으로 연구의 내용 및 목적을 상세히 전달하였다. 그 후 아동의 연구 참여를 동의한 경우에만 실험실 방문 일정을 협의하였다.

본 실험을 수행하기 위하여 아동은 보호자(어머니 또는 아버지)와 함께 실험실에 1회 방문하였다. 실험실에 도착하면 간단한 간식을 먹으며 다시 한 번 실험 절차에 대한 설명과 질의응답이 이루어진 다음, 아동과 보호자 모두 동의서에 서명하였다. 참여자 모집 과정에서 보호자로부터 오른손잡이 여부, 교정시력(0.8 이상) 및 정상 청력 여부 등을 확인하였고, 실험 시작 전에 손잡이 검사와 시력 검사를 다시 한 번 실시하여 참여 가능 여부를 재확인하였다. 정상 청력 여부는 청각과제 실시 전 연습 시행을 통해 과제 자극이 충분히 잘 들리는지 확인하였다. 아동이 실험

실 환경에 적응하고 연구자와 라포를 형성하기 위한 시간을 가진 후, 독립된 조용한 공간에서 지능검사를 실시하였다. 지능검사는 아동의 수행에 따라 약 60~90분 정도 소요되었다. 그 동안 보호자는 CBCL 아동 행동평가척도를 작성하였다. 아동은 지능검사 후 충분한 휴식을 취한 다음 시각 및 청각 AX-CPT 과제를 수행하였다.

아동이 시각 및 청각 AX-CPT 과제를 수행하는 동안 행동 반응(정답률, 반응시간)과 함께 뇌파 반응을 측정, 기록하였다. 뇌파를 측정하기 위하여 전극이 부착된 캡(electrode cap)을 착용하면 화장실에 가기 어려우므로 아동에게 실험 전에 미리 화장실에 다녀오도록 하였다. 아동은 뇌파 측정 시 사용되는 젤이 묻을 경우에 대비하여 실험복을 입은 후, 소음 및 전기 현상의 영향력을 차단하는 차폐실(shield room) 안으로 안내되었다. 자극이 제시되는 모니터 앞에 있는 편안한 의자에 아동을 앉힌 다음, 뇌파 측정을 위해 준비한 캡을 보여주며 아동이 실험에 대한 흥미를 가질 수 있도록 하였다.²⁷⁾ 차폐실에서 캡을 착용할 때 낫선 장비와 실험 환경에서 아동이 불안해하지 않도록, 뇌파 측정을 위한 준비가 완료될 때까지 대화와 질의응답을 통해 어떤 과정이 이루어지고 있는지 이해하기 쉽게 설명하였다.

뇌파 반응을 측정하기 위하여 BrainProducts사의 젤 타입 Ag-AgCl 32채널 캡(actiCAP slim, Brain Products GmbH, München, Germany)을 사용하였다. 아동에게 캡을 씌울 때 줄자를 이용해 비근점(nasion)과 후두부 돌기(inion) 사이의 거리, 그리고 양쪽 귓바퀴 바로 앞의 들어간 부분(preauricular points) 사이의 거리를 재어서 캡 중앙의 전극위치(Cz)가 머리의 정중앙에 오도록 하였다. 캡이 아동의 두피에 잘 밀착되도록 턱끈과 가슴띠를 조정 한 후 불편한 부분이 없는지 확인하였다. 그 후 모든

27) 뇌파 실험 세팅 장면은 <부록 2>에 사진으로 제시하였다.

전극마다 젤을 넣어준 후 저항을 확인하여 10k Ω 이하를 유지하도록 하였다. 눈 깜빡임과 눈 움직임을 측정하기 위하여 왼쪽 아래에 두 개, 양쪽 눈 가장자리 관자놀이 부분에 두 개의 전극을 부착하였다. 그리고 참조 전극으로 양쪽 귀 뒤 유양돌기에도 각각 전극을 부착하였다.

시각 자극이 제시되는 24인치 모니터(BenQ XL2411)는 아동이 앉은 자리에서 편안히 바라볼 수 있는 위치에 약 70cm의 거리를 두고 설치하였다. 청각 자극은 이어폰을 통해 양쪽 귀에 70dB의 크기로 제시하였다. 몸 움직임을 뇌파 측정에 영향을 미치므로 아동에게 실험 도중 가능한 몸을 움직이지 않도록 지시하였다.

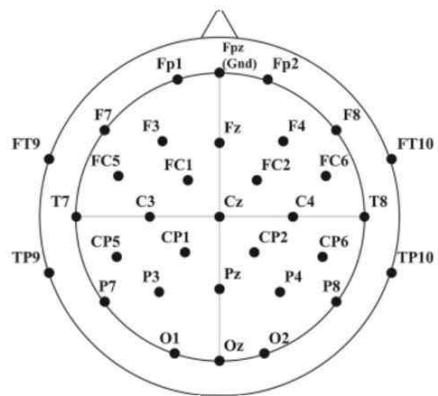
시각 및 청각과제를 실시하기 전 아동에게 과제 규칙을 설명하고, 10회의 연습 시행을 실시하여 과제 수행 방법을 충분히 익힐 수 있도록 하였다. 연습 시행에서도 각 조건유형의 비율을 본 과제와 동일하게 제시하였다. 아동은 매 시행 전에 제시되는 + 표시에 시선을 고정한 후, + 다음 모니터 화면에 나타나거나 이어폰을 통해 들리는 첫 번째 숫자가 1이고 다음 숫자가 3인 경우(표적 조건)에는 오른손 검지로 m 키를 누르고, 다른 모든 경우(기대위반, 반응갈등, 통제 조건)에는 왼손 검지로 z 키를 누르도록 지시받았다. 첫 번째 과제가 다음 과제의 수행에 영향을 미치지 않도록, 다음 과제에서는 숫자 2 다음에 4가 나오는 경우에 m 키를, 다른 모든 경우에는 z 키를 누르도록 하였다. 시각/청각 과제와 1-3/2-4 자극 세트는 아동별로 역균형화하였다. 반응키를 누를 때는 두 번째 숫자를 보거나 들은 후 최대한 빠르고 정확하게 누르도록 안내하였다. 반응키를 기억해야 하는 추가적인 인지적 부담과 반응 혼란을 줄이기 위하여 m 키와 z 키에 각각 노란색 O, X 스티커를 부착하였다. 연습 시행 동안에는 연구자가 옆에서 지켜보며 반응에 대한 피드백을 제공하였다. 규칙을 잘 이해하지 못하는 아동은 이해할 때까지 설명해주고 필

요한 경우 연습 시행을 반복 실시하였다.²⁸⁾

아동이 실험 절차를 모두 이해했다고 판단되면 긴장을 풀고 편안히 앉은 상태에서 반응키에 양 검지를 각각 올리고 모니터를 바라보도록 하였다. 뇌파를 관찰하여 아동이 충분히 안정된 상태가 되면 본 실험을 시작하였다. 본 실험이 시작되면 아동은 차폐실에서 혼자 과제를 수행하였다. 과제 중간에 요청사항이 있거나 과제가 모두 끝났을 경우, 모니터 옆에 비치된 종을 울려 연구자에게 알릴 수 있도록 하였다. 아동이 원하는 경우 회기 사이에는 최대 5분, 과제 사이에는 최대 10분 동안 휴식을 취할 수 있도록 하였다. 휴식 시간을 포함하여 시각 및 청각 AX-CPT 과제를 모두 완료하는 데 걸리는 시간은 약 40-60분이었다.

2) 뇌파 측정 과정

뇌파 반응을 측정하기 위하여 사용한 actiCAP에는 [그림 IV-3]과 같이 국제 표준 10-20 규격에 따라 27개의 전극(Fp1, Fp2, Fz, F3, F4, F7, F8, FCz, FC1, FC2, FC5, FC6, Cz, C3, C4, CP1, CP2, CP5, CP6, Pz, P3, P4, P7, P8, Oz, O1, O2)을 부착하였다. 눈 깜빡임(vertical electrooculogram, VEOG)을 측정하기 위하여 왼쪽 눈 위와 아래에, 눈동자의 움직임(horizontal electrooculogram, HEOG)을 측정하기 위하여 양쪽 눈 가장자리의 관자



[그림 IV-3] 국제 표준 10-20 전극 체계 (32채널)

28) 과제 설명과 함께 아동에게 제시한 과제 지시문은 <부록 3>에 첨부하였다.

놀이 부분에 전극을 각각 부착하였다. 접지 전극(ground, GND)은 이마 윗부분에, 기준 전극(reference, REF)은 양쪽 귀 뒤의 유양돌기(mastoid)에 부착하였다. 전극의 저항은 10k Ω 이하로 유지하였다. 전극마다 젤을 넣어 저항을 낮추는 과정에서 시간이 걸리므로, 저항 값에 따라 전극별로 색깔이 바뀌는 모니터를 함께 보면서 아동이 지루해하지 않도록 실험 과정에 대하여 설명해주었다.

뇌파와 안전도(EOG)는 Brain Products사의 actiCHamp(Brain Products GmbH, München, Germany) 증폭기를 통해 500Hz²⁹⁾의 추출률(sampling rate)로 연속적으로 수집, 증폭되었으며 뇌파가 수집되는 동안 0.1-100Hz 이내로 대역통과 필터링(bandpass filtering)되었다. 측정이 완료된 후 뇌파분석 프로그램인 BrainVision Analyzer 2.1(Brain Products GmbH, München, Germany)을 이용하여 필터링이 이루어졌다. 차폐실 내부의 조명으로 인한 방해파를 필터링하기 위하여 60Hz의 대역차단 필터(notch filter)를 적용하였다. 이 연구에서 분석될 ERP 요소 중 P3a와 P3b는 0.1-30Hz 이내, 12dB/octave로 필터링되었다(Morales et al., 2015). N2는 파형이 큰 P3에 흡수되는 경향이 있으므로 별도로 2-12Hz 이내로 필터링하여 보다 정확한 분석을 할 수 있도록 하였다(Donkers, Nieuwenhuis, & van Boxtel, 2005). 필터링이 완료된 후 독립성분분석(independent component analysis, ICA)을 통하여 눈 깜빡임과 눈 움직임 의미를 의미하는 파형을 추출하여 전체 전극의 EEG 파형을 교정하였다. 그 후 연습 시행을 제외한 본 과제에서 아동이 정확하게 반응한 시행들에 대하여, 신호와 표적에 대하여 자극 제시 전 200ms부터 자극 제시 후 800ms까지의 EEG를 각각 분절(segmentation)하였다. 기저선(baseline)은 선행연구와 뇌파 실험에서 일반적으로 적용되는 기준(Luck,

29) EEG와 EOG를 1초 동안 2ms 간격을 두고 표집하는 것을 의미한다. 즉, 1초 동안 500개 시점에서 EEG와 EOG가 디지털 값으로 수치화되어 기록되었다.

2014, p. 257)을 참고하여 자극 제시 전 200ms부터 자극이 제시되는 순간까지로 설정하였다.

뇌파분석 프로그램으로 BrainVision Analyzer 2.1을 사용하여, 아동이 정확하게 반응한 시행들에 대하여 신호유형(A, non-A) 및 조건유형(기대위반, 반응갈등, 통제)에 따라 개인별 평균 ERP 파형을 산출하였다. 이 때 눈 깜빡임이나 눈 움직임, 또는 몸 움직임 등으로 인한 방해파(artifacts)가 $\pm 100\mu V$ 를 넘는 시행들은 제거하였다. 뇌파 파형에 대한 시각적 검사를 통해 방해파가 포함된 것으로 판단되는 시행들도 제거하였다. 이러한 절차를 통해 제거된 시행이 각 신호유형 및 조건유형별 전체 시행의 25%를 초과한 경우는 최종 분석에서 제외하였다(Luck, 2014, p. 263). 개인별로 각 조건에 포함된 시행 수의 차이가 크면 진폭에 영향을 미칠 수 있는 노이즈 수준이 달라지기 때문이다. 이 기준을 통하여 제외된 아동 1명, 그리고 앞서 선별 검사를 통하여 제외된 아동 2명을 포함하여 총 3명이 제외되어 19명의 자료를 최종 분석에 사용하였다. 19명의 자료에 대하여 전체평균 ERP 파형(grand average ERP waveform)을 산출하였는데, 이 때 과제 및 조건별로 사용된 개인별 평균 시행 수는 <표 IV-6>과 같다.

기대위반, 반응갈등, 통제 조건의 경우에는 표적 조건(70%)에 비해 낮은 비율(각 10%)로 제시되었으므로 전체평균 ERP 파형에 포함된 개인별 평균 시행 수가 21-22개로, 신호 자극의 시행 수에 비해 비교적 적었다. AX-CPT 과제에서는 조건별 비율이 수행에 영향을 미치는 중요한 요인이므로 이 세 조건의 시행 수만 늘릴 수는 없다. 또한 전체 시행 수를 늘려 조건별 시행 수를 증가시키는 것만으로 노이즈를 모두 제거하기 어려우며,³⁰⁾ 과제 수행에 따른 아동의 피로와 주의집중도를 고려하였을

30) ERP 평균 파형에서 노이즈는 시행 수가 증가할수록 감소한다. 그러나 시행 수 증가에 따른 노이즈의 감소는 선형적이지 않아서, 시행 수가 2배가 되면 30%, 4배가 되면

때 큰 이득이 없다고 볼 수 있다. 또한 진폭이 큰 지표인 P3를 기준으로 하였을 때 조건별로 최소 약 30개의 시행이 요구되는데(Luck, 2014, p. 262), 이는 노이즈로 인하여 최대 25%의 시행이 제거될 것을 고려한 시행 수이다. 따라서 이 연구의 전체평균 ERP 파형에 포함된 기대위반, 반응갈등, 통제 조건의 평균 시행 수는 적절한 수준이라고 할 수 있다.

<표 IV-6> 전체평균 ERP 파형에 포함된 개인별 평균 시행 ($N = 19$)

구분	$M(SD)$				
	신호유형(P3b)		조건유형(P3a)		
	A ($n = 192$)	non-A ($n = 48$)	기대위반 ($n = 24$)	반응갈등 ($n = 24$)	통제 ($n = 24$)
시각과제	184.3(17.1)	46.3(4.6)	21.7(2.5)	21.2(2.2)	22.2(2.9)
청각과제	179.1(13.4)	45.2(3.9)	21.2(3.1)	21.4(2.2)	22.0(2.1)

주. N2의 경우 2-12Hz 이내로 대역통과 필터링이 이루어졌으므로 더 많은 주파수대의 노이즈가 여과되어 보다 깨끗한 파형이 산출된다. 따라서 N2를 분석하기 위하여 적절한 기대위반, 반응갈등, 통제조건의 경우에는 위 표의 평균 시행보다 더 많은 시행 수가 포함되었으므로 위 표에서는 생략하였다.

5. 자료 분석

수집된 자료는 다음과 같은 절차로 분석하였다. 이 연구에서 자료의 분석은 시각과제와 청각과제 각각에 대하여 이루어졌다. 먼저 아동의 행동 반응(정답률, 반응시간)은 SPSS Win 23(IBM Co., Armonk, NY) 프로그램을 사용하여 기술통계, 반복측정 변량분석(repeated measures ANOVA)을 실시하였다. 각 과제별로 조건유형(표적, 기대위반, 반응갈

50%의 노이즈만이 감소한다. 따라서 노이즈를 제거하기 위하여 시행 수를 무조건 증가시키는 것이 가장 효과적인 방법은 아니다(김도원 외, 2017; Luck, 2014).

등, 통제)에 따른 아동의 정답률과 반응시간에 대한 전반적 경향을 파악하기 위하여 평균과 표준편차를 살펴보고, 조건유형에 따라 아동의 정답률과 반응시간에 차이가 있는지 확인하기 위하여 일원 반복측정 변량분석을 실시하였다. 행동 반응 분석을 통하여 아동의 ERP 반응을 분석할 수 있는지의 여부를 확인하였다.

아동의 ERP 반응을 분석하기 위하여, 수집된 뇌파 데이터에 대하여 BrainVision Analyser 2.1 프로그램을 이용하여 각 과제별로 신호유형 및 조건유형에 따른 전체평균 ERP 파형을 산출하였다. 전체평균 ERP 파형에서 확인할 수 있는 ERP 요소는 선행연구에서 신호 처리과정에서 목표 활성화를 반영하는 P3b, 표적자극 처리과정에서 각각 갈등 인지와 반응 억제를 반영하는 N2와 P3a이다(Morales et al., 2015). 각 ERP 요소의 전체평균파형은 32개 두피 전극 중, 선행연구에서 주로 다루어졌던 정중선(midline)에 위치한 세 전극인 Fz, Cz, Pz에서 산출하였다(Folstein & van Petten, 2008; Kamijo & Masaki, 2016; Polich, 2007).

뇌파 분석 시 전극위치가 분석에 포함되는데, 그 이유는 뇌파가 32개 채널에서 동시에 측정되며 측정 결과에 서로 영향을 미치는 피험자 내 요인이기 때문이다. 또한 각 ERP 요소들이 주로 검출되는 두뇌 영역이 서로 다르다. 선행연구에 따르면 P3b는 두뇌에서 보다 뒤쪽 영역인 중앙두정영역(Cz, Pz)에서, N2와 P3a는 보다 앞쪽 영역인 전두중앙영역(Fz, Cz)에서 주로 검출되는 것으로 알려져 있다. 검출영역이 크게 달라지면 동일한 인지 기능을 반영하는 지표로 보기 어려우므로, 각 ERP 요소의 검출영역이 선행연구와 동일하게 나타나는지 확인하기 위하여 전극위치(Fz, Cz, Pz)가 주요인으로 분석에 포함되었다.

이 연구에서는 인지통제에 대한 지표로서 전체평균 ERP 파형의 진폭을 분석하였다. 먼저 전체평균파형에서 각 ERP 요소의 진폭에 대한 시

각적 분석(visual inspection)이 이루어졌다. 전체평균파형에 나타난 신호 유형 또는 조건유형 간 차이가 통계적으로 유의한지 확인하기 위하여 각 ERP 요소별로 설정된 시간 구간에 대하여 평균 진폭(mean amplitude)을 산출하였다. 평균 진폭은 시간 구간 내 각 시점에서의 전위들에 대한 평균값을 의미한다. 평균 진폭은 시간 구간 내에서 양전위 또는 음전위의 최대값을 갖는 지점의 전위값을 산출하는 최대 진폭(peak amplitude)에 비해 노이즈에 의한 영향을 덜 받는 비편향적인 측정치이다(Luck, 2014, p. 289). 최대 진폭의 경우 데이터에 노이즈가 많을수록 값이 더 커지는 경향이 있기 때문이다.

평균 진폭을 산출하기 위한 시간 구간(time window)은 선행연구들에서 밝혀진 각 ERP 요소가 주로 나타나는 시간대를 기준으로 하여, 이 연구의 전체평균 ERP 파형에서 각 요소가 양 또는 음전위로 굴절이 시작되어 끝나는 시점까지로 설정하였다. 또한 시각 자극과 청각 자극은 ERP 요소의 검출시간에 차이가 나타난다는 점(Tekok-Kilic et al., 2001)을 고려하여 각 과제별로 시간 구간을 설정하였다.

이렇게 산출된 ERP 요소의 진폭에 대하여, SPSS Win 23 프로그램을 이용하여 각 과제별로 전극위치(Fz, Cz, Pz)와 신호유형(A, non-A)/조건유형(기대위반, 반응갈등, 통제)에 따라 차이가 있는지 살펴보기 위한 이원 반복측정 변량분석을 실시하였다. A 신호와 non-A 신호에서 나타나는 P3b 진폭의 비교를 통해 목표활성화의 양상을 확인할 수 있다. 그리고 기대위반, 반응갈등, 통제 조건에서 나타나는 N2 진폭의 비교를 통해 갈등 인지의 양상을, P3a 진폭의 비교를 통해 반응 억제의 양상을 확인할 수 있다. N2와 P3a 분석에 포함된 조건유형은 비표적반응을 정 반응으로 하는 세 조건인 기대위반, 반응갈등, 통제 조건으로, 표적 조건은 분석에서 제외하였다. 아동의 인지통제기제의 양상은 기대위반 조건

과 반응갈등 조건의 비교를 통해 나타날 수 있으므로 이에 초점을 두고자 하였기 때문이다. 선행연구에서도 이와 같은 방법으로 분석이 이루어졌다(Braver et al., 2001; Morales et al., 2015). 뿐만 아니라, 전체평균 ERP 파형을 산출할 때 포함되는 시행 수가 현저히 다르면 평균에 대한 노이즈의 비율이 달라지므로 ERP 요소의 진폭에 영향을 미칠 수 있다(Luck, 2014). 따라서 비율이 높은 표적반응 시행이었던 표적 조건을 제외하고, 비율이 동일한 비표적반응 시행이었던 기대위반, 반응갈등, 통제 조건을 N2와 P3a 분석에 포함하였다. 이 연구의 목적은 시각 및 청각 처리과정에 따른 아동의 인지통제기제의 양상을 밝히는 데 있으므로, 각 과제에서 신호유형 및 조건유형에 따라 ERP 요소의 진폭에 차이가 나타나는지에 주된 초점을 두어 분석하였다.

통계 분석 시 구형성 가정이 충족되지 않을 경우 p 값이 인위적으로 낮아지므로 Type I 오류 확률이 증가하게 된다. 이를 상쇄시키기 위하여 Greenhouse-Geisser 방법으로 수정된 값을 활용하였다. 특히 전극 요인이 있는 반복측정 변량분석의 경우 Greenhouse-Geisser 수정치를 활용하는 것이 권장된다(Luck, 2014, p. 319). 주효과의 사후검정은 Bonferroni 방법으로 수행되었다. 상호작용 효과가 유의하게 나타난 경우에는 신호유형 또는 조건유형에 따른 차이를 보다 구체적으로 살펴보기 위하여 대응표본 t 검정 또는 일원 반복측정 변량분석을 실시하였다.

V. 연구결과 및 해석

이 장에서는 앞에서 설정한 연구문제에 따른 연구결과를 기술하고, 관련 선행연구와의 일관성 여부 및 연구자의 해석을 제시한다. 먼저 아동이 시각 및 청각 자극으로 구성된 AX-CPT 과제를 수행할 때 나타나는 행동 반응(정답률, 반응시간)의 전반적 경향을 통해 ERP 반응을 분석할 수 있는지의 여부를 확인하였다. 그리고 아동이 시각 및 청각과제를 수행하는 동안 측정된 인지신경학적 반응인 ERP 요소(P3b, N2, P3a)를 분석하여 인지통제 하위 기능(목표활성화, 갈등 인지, 반응 억제)의 양상을 밝혔다. 이 결과를 통해 아동의 시각 및 청각 처리과정에 나타나는 인지통제기제를 비교, 규명하였다.

1. 행동 반응 분석

먼저, 아동의 AX-CPT 과제 수행에 대한 행동 반응(정답률, 반응시간) 분석을 실시하였다. 행동 반응 분석을 실시함으로써 이 연구의 주요 결과를 도출하기 위한 ERP 분석이 가능한지의 여부를 확인할 수 있기 때문이다. ERP 분석은 아동의 정답 반응을 기반으로 이루어지기 때문에 정답률이 높을수록 더 많은 ERP 데이터가 분석에 포함될 수 있으므로 ERP 분석의 신뢰도를 높이는 데 기여할 수 있다. 또한 반응시간 분석을 통해 조건유형별 반응시간의 패턴이 선행연구와 일치하는지를 확인함으로써 이 연구의 과제가 아동이 수행하기에 적절하였는지를 알 수 있다.

시각 및 청각 AX-CPT 과제 수행 결과, 아동의 정답률과 반응시간의 전반적 경향 및 조건유형별 차이에 대한 분석 결과는 다음과 같다. 정답

률은 각 조건유형에서 총 시행 수에 대한 정반응 수의 비율(%)이다. 정답률이 높을수록 아동이 충분한 주의를 기울여 과제를 수행하였음을 의미한다. 반응시간은 각 조건유형에 대하여 표적이 제시된 시점부터 아동이 반응키를 눌러 반응하기까지의 시간이며, 아동의 정반응에 대한 평균 시간(ms)으로 산출되었다.³¹⁾ 반응시간이 느릴수록 아동이 시각 및 청각 자극을 처리하고 반응하기까지 더 오랜 시간이 걸렸음을 의미한다.

<표 V-1> 시각 및 청각과제의 정답률 ($N = 19$) (단위: %)

구분	$M(SD)$			
	표적조건 (AX)	기대위반조건 (A/non-X)	반응갈등조건 (non-A/X)	통제조건 (non-A/non-X)
시각과제	98.2(1.6)	94.0(7.3)	92.1(7.0)	95.3(7.4)
청각과제	98.7(1.4)	95.3(4.6)	95.5(3.3)	97.4(2.0)

먼저 시각 및 청각 AX-CPT 과제에서 조건유형별 아동의 정답률을 살펴보면 <표 V-1>과 같다. 아동은 각 과제의 네 개 조건 모두에서 90% 이상의 높은 정답률을 보였다. 시각과제와 청각과제 모두에서 표적 조건의 정답률이 각각 98.2%($SD = 1.6$), 98.7%($SD = 1.4$)로 가장 높게 나타났고, 다음으로 통제 조건의 정답률이 각각 95.3%($SD = 7.4$), 97.4%($SD = 2.0$)로 높게 나타났다. 이는 학령기 아동을 대상으로 한 선행연구(Kamijo & Masaki, 2016)에 비해 높은 수준이었으며, 성인과 유사한 정도로 높은 정답률을 보이는 것으로 나타났다(Morales et al., 2015). 이러한 결과는 이 연구에 참여한 아동이 두 가지 과제를 모두 수행하는 동안 집중력을 잃지 않고 성실하게 참여했음을 보여준다.

31) 반응이 누락되거나 잘못 응답한 시행의 경우, 반응시간이 해당 조건에 대한 인지 처리의 특성을 제대로 반영한다고 볼 수 없기 때문이다.

AX-CPT 패러다임에서는 표적 조건의 비율이 월등히 높으므로 앞서 나오는 신호를 무시하여도 정답률이 높을 가능성이 있는데(Richmond, Redick, & Braver, 2015), 모든 조건에서의 높은 정답률은 아동이 신호와 표적에 대하여 충분한 주의를 기울여 과제를 수행하였음을 의미한다.

아동 및 성인을 대상으로 실시된 AX-CPT 과제의 정답률은 대체로 기대위반 조건 또는 반응갈등 조건에서 다른 조건보다 더 낮은 경향을 보이는 것으로 알려져 있다(Chevalier et al., 2013; Lucenet & Blaye, 2014; Redick, 2014). 시각과제에서는 반응갈등 조건의 정답률이 92.1%($SD = 7.0$)로 가장 낮았고, 청각과제에서는 기대위반 조건($M = 95.3\%$, $SD = 4.6$)과 반응갈등 조건($M = 95.5\%$, $SD = 3.3$)의 정답률이 비슷하게 낮게 나타났다.

<표 V-2> 조건유형에 따른 정답률 ($N = 19$)

구분	df	MSE	F	n_p^2	<i>post hoc</i>
시각과제	3, 54	.011	7.507***	.294	a > c
청각과제	3, 54	.005	7.020**	.281	a > b, c

** $p < .01$, *** $p < .001$.

주. a: 표적조건, b: 기대위반조건, c: 반응갈등조건.

앞서 언급한 바와 같이 AX-CPT 과제 분석의 초점은 표적반응과 비표적반응이 상충되는 기대위반 조건과 반응갈등 조건의 수행에 어떠한 양상이 나타나는가에 있으므로(Braver et al., 2009), 조건유형에 따라 정답률에 유의한 차이가 있는지 살펴보았다. 각 과제별로 일원 반복측정 변량분석을 실시한 결과, <표 V-2>와 같이 각 과제에서 조건유형 간 차이가 유의하였다. 먼저 시각과제에서 조건유형 간 차이가 유의하였는

데($F(3, 54) = 7.507, p < .001, \eta_p^2 = .294$), 사후분석 결과 반응갈등 조건($M = 92.1\%, SD = 7.0$)이 표적 조건($M = 98.2\%, SD = 1.6$)보다 더 낮은 정답률을 보였다($p < .01$). 청각과제에서도 조건유형 간 차이가 유의하였는데($F(3, 54) = 7.020, p < .01, \eta_p^2 = .281$), 기대위반 조건($M = 95.3\%, SD = 4.6$)과 반응갈등 조건($M = 95.5\%, SD = 3.3$) 모두 표적 조건($M = 98.7\%, SD = 1.4$)보다 정답률이 더 낮았다(all $ps < .01$). 시각 및 청각과제 모두 표적 조건에서의 정답률이 가장 높게 나타난 것은 AX-CPT 과제를 사용한 선행연구들에서 일관적으로 나타나는 결과이다. 그러나 기대위반 조건과 반응갈등 조건 간 정답률의 차이가 나타났던 선행연구들과 달리(Braver et al., 2009; Doebel et al., 2017; Gonthier, Macnamara, Chow, Conway, & Braver, 2016; Lucenet & Blaye, 2014), 이 연구의 시각 및 청각과제에서는 아동의 인지통제기제의 특성을 반영하는 것으로 알려진 기대위반 조건과 반응갈등 조건 간 정답률의 차이는 없는 것으로 나타났다. 이처럼 전반적으로 고르게 높은 정답률은 아동이 두 과제 모두에서 인지통제를 잘 수행하고 있음을 의미한다.

<표 V-3> 시각 및 청각과제의 반응시간 ($N = 19$) (단위: ms)

구분	$M(SD)$			
	표적조건 (A/X)	기대위반조건 (A/non-X)	반응갈등조건 (non-A/X)	통제조건 (non-A/non-X)
시각과제	625(148)	783(157)	607(170)	611(184)
청각과제	976(225)	1076(258)	978(305)	923(251)

다음으로, 시각 및 청각 AX-CPT 과제에서 조건유형별 아동의 반응시간을 살펴보면 <표 V-3>과 같다. 반응시간의 전반적 경향을 보면 대

체로 시각과제보다 청각과제의 반응시간이 느린 것을 알 수 있다. 이 결과는 아동을 대상으로 하여 시각 및 청각 연속수행과제의 반응시간을 비교한 선행연구에서, 청각과제의 반응시간이 시각과제보다 더 느린 것으로 나타났던 것과 일관되는 것으로 보인다(주미진 · 하지완, 2018; Mahone et al., 2005). 그러나 이 연구에서는 자극의 특성상 청각 자극이 시각 자극에 비해 좀 더 긴 시간 동안 제시되었던 것의 영향을 받았을 가능성이 있으므로 이 결과는 추후 반복 검증이 필요하다고 할 수 있다. 또한 두 과제 모두 네 가지 조건유형 중 기대위반 조건(시각: $M = 783\text{ms}$, $SD = 157$, 청각: $M = 1076\text{ms}$, $SD = 258$)에서 나머지 세 조건에 비해 반응시간이 가장 느린 경향을 보였다. 표적 조건의 비율이 70%로 높은 AX-CPT 과제에서는 대체로 기대위반 조건에서 반응시간이 느리게 나타나는 경향이 있다(Kamijo & Masaki, 2016; Lucenet & Blaye, 2014).

<표 V-4> 조건유형에 따른 반응시간 ($N = 19$)

구분	df	MSE	F	η_p^2	<i>post hoc</i>
시각과제	3, 54	.211	62.718***	.777	b > a, c, d
청각과제	3, 54	.077	12.191***	.404	b > a, c, d

*** $p < .001$.

주. a: 표적조건, b: 기대위반조건, c: 반응갈등조건, d: 통제조건.

조건유형 간 반응시간의 차이가 통계적으로 유의한지 확인하기 위하여 각 과제별로 일원 반복측정 변량분석을 실시하였다. 분석 결과, <표 V-4>와 같이 시각과제($F(3, 54) = 62.718$, $p < .001$, $\eta_p^2 = .777$)와 청각과제($F(3, 54) = 12.191$, $p < .001$, $\eta_p^2 = .404$) 모두 조건유형 간 차이가

유의하였다. 구체적으로 살펴보면, 시각과제에서 기대위반 조건($M = 783\text{ms}$, $SD = 157$)은 표적 조건($M = 626\text{ms}$, $SD = 148$), 반응갈등 조건($M = 607\text{ms}$, $SD = 170$), 통제 조건($M = 611\text{ms}$, $SD = 184$)보다 반응시간이 더 느렸다(all $ps < .001$). 마찬가지로 청각과제에서도 기대위반 조건($M = 1076\text{ms}$, $SD = 258$)은 표적 조건($M = 976\text{ms}$, $SD = 225$), 반응갈등 조건($M = 978\text{ms}$, $SD = 305$), 통제 조건($M = 923\text{ms}$, $SD = 251$)보다 반응시간이 더 느렸다(all $ps < .05$).

반응시간 분석 결과, 시각 및 청각과제 모두 조건유형별 반응시간의 패턴이 선행연구와 일치함을 확인할 수 있었다. 이러한 결과는 이 연구에 사용된 시각 및 청각 AX-CPT 과제가 아동이 수행하기에 적절하며, 아동의 인지통제를 타당하게 측정하고 있다는 것을 보여주었다.

아동의 행동 반응(정답률, 반응시간) 분석을 통해 연구에 참여한 아동이 시각 및 청각 AX-CPT 과제를 모두 무리 없이 수행하였으며, ERP 분석이 가능함을 확인하였다.

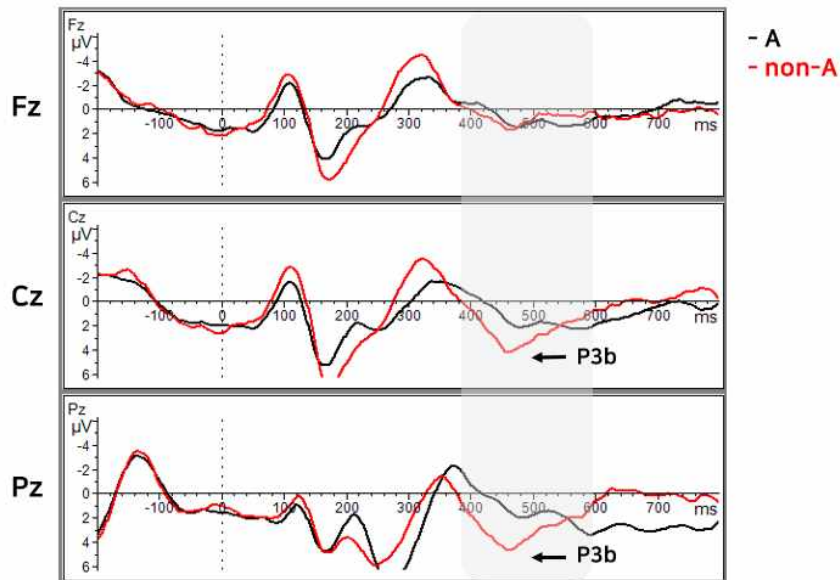
2. 인지신경학적 반응 분석

시각 및 청각 AX-CPT 과제 수행 과정에서 나타나는 아동의 인지통제 하위 기능의 양상을 규명하기 위하여 세 가지 ERP 요소, 즉 P3b(목표활성화), N2(갈등 인지), P3a(반응 억제)의 평균 진폭을 분석하였다. 각 요소의 전체평균파형은 Fz, Cz, Pz에서 각각 추출되었다. 전체평균 ERP 파형에서 각 ERP 요소의 시간 구간은 선행연구에서 분석된 시간 구간을 근거로 하여 시각 및 청각과제 각각에 대하여 설정되었다.³²⁾ 연구문제에 따라 시각과제와 청각과제로 나누어 분석 결과를 제시한다.

32) 분석과 관련된 구체적인 내용은 <IV-5. 자료의 분석>에 설명하였다.

1) 시각과제의 인지통제 양상

(1) 목표활성화: P3b



[그림 V-1] 시각과제: P3b 전체평균파형³³⁾

[그림 V-1]은 시각과제에서 신호유형(A, non-A)에 따른 P3b의 전체 평균파형을 보여준다. 시간 구간 설정 기준에 따라 P3b의 시간 구간은 신호 제시 후 380-600ms로 설정하였다. 시각적 분석을 통해 전극 Cz와 Pz에서 A 신호에 비해 non-A 신호의 P3b가 더 뚜렷하게 나타난 것을 확인하였다.

P3b 전체평균파형에 나타나는 신호유형별 진폭의 차이가 통계적으로

33) 검정색 선은 A 신호, 빨간색 선은 non-A 신호에 대한 시각과제의 P3b 전체평균파형이다. P3b는 양전위를 갖는 ERP 요소로서, ERP 그래프에서는 x축 아래쪽으로 굴절된다. 시각과제의 경우 시간 구간 380-600ms 내에서 Cz와 Pz 전극을 중심으로 non-A 신호가 더 높은 P3b 진폭을 보이고 있다.

유의한지 확인하기 위하여 전극위치(Fz, Cz, Pz)와 신호유형(A, non-A)을 주요인으로 하는 반복측정 변량분석을 실시하였다. 분석 결과, <표 V-5>와 같이 전극위치의 주효과($F(1.4, 25.3) = 13.676, p < .001, \eta_p^2 = .432$)와 신호유형의 주효과($F(1, 18) = 12.152, p < .01, \eta_p^2 = .403$)가 유의하였다. 즉, 시각과제에서 Fz($M = .685, SE = .197$), Cz($M = 1.745, SE = .195$), Pz($M = 1.990, SE = .245$) 세 전극에서의 P3b 진폭은 Fz에서 Pz로 갈수록 점차 증가하였으며 Cz와 Pz에서 Fz보다 진폭이 더 높은 것으로 나타났다(all $ps < .01$). 또한 non-A 신호의 진폭($M = 1.860, SE = .204$)이 A 신호의 진폭($M = 1.086, SE = .166$)보다 더 높았다($p < .01$).

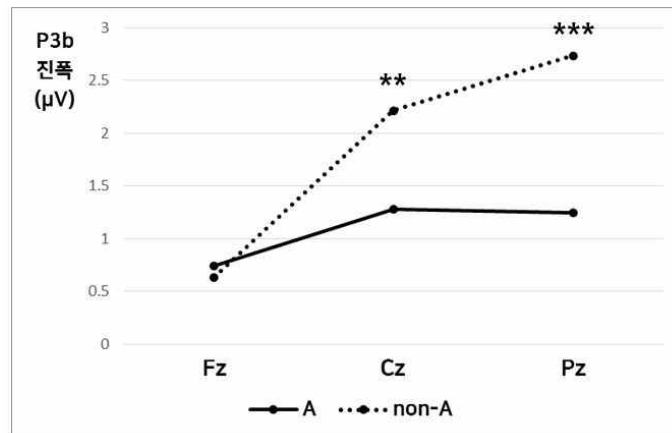
<표 V-5> 시각과제: 전극위치와 신호유형에 따른 P3b 진폭 ($N = 19$)

변산원	<i>df</i>	<i>MSE</i>	<i>F</i>	η_p^2
전극위치 ^a	1.4, 25.3	26.008	13.676***	.432
신호유형	1, 18	17.088	12.152**	.403
전극위치 × 신호유형 ^a	1.5, 26.3	8.562	14.408***	.445

** $p < .01$, *** $p < .001$. ^a Greenhouse-Geisser 수정

또한 전극위치와 신호유형의 상호작용 효과가 유의하였다($F(1.5, 26.3) = 14.408, p < .001, \eta_p^2 = .445$). 구체적으로 살펴보면 [그림 V-2]와 같이 Fz에서 Cz, Pz로 갈수록 A 신호보다 non-A 신호의 P3b 진폭이 더 크게 증가하였다. 사후분석으로 각 전극에서 대응표본 t 검정을 실시한 결과, Cz($t(18) = 3.552, p < .01$)와 Pz($t(18) = 4.472, p < .001$)에서 non-A 신호(Cz: $M = 2.214, SD = 1.123$, Pz: $M = 2.735, SD = 1.497$)의 P3b 진폭이 A 신호(Cz: $M = 1.276, SD = .921$, Pz: $M = 1.244, SD = 1.049$)

보다 유의하게 더 높은 것을 확인할 수 있었다.



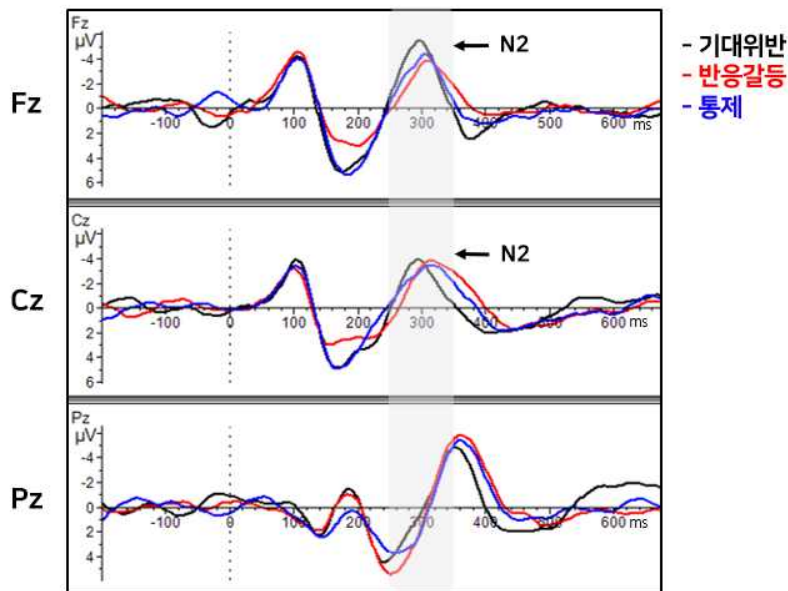
[그림 V-2] 시각과제: Fz, Cz, Pz에서 신호유형별 P3b 진폭

요약하면, 시각과제에서는 중앙두정영역(Cz, Pz)에서 non-A 신호의 P3b의 진폭이 A 신호보다 더 높게 나타났는데 이는 선행연구에서 밝혀진 P3b 검출영역과 일치하는 결과이다(Polich, 2007; Tekok-Kilic et al., 2001). P3b는 주의 할당의 지표로, non-A 신호에 더 높은 주의 할당이 이루어졌다는 것을 의미한다. 즉, 높은 비율로 출현하는 A 신호(80%)에 비해 드물게 출현하는 non-A 신호(20%)에 대하여 새로운 목표에 대한 목표활성화가 수행되었다고 해석된다(Morales et al., 2015). non-A 신호는 비표적반응(no)을 완벽하게 예측하므로, 신호유형(A, non-A)에 따라 새롭게 목표가 활성화되는 것이 과제 수행에 효율적이라고 할 수 있다. 효율적인 목표활성화는 선행처리과정의 지표이므로, 시각과제에서는 선행처리과정이 수행되고 있음을 알 수 있다.

이 결과는 시각 AX-CPT 과제를 활용한 선행연구들에서 선행처리과정을 우세하게 사용하는 아동 및 성인에서 전형적으로 나타나는 결과와 일치한다. 선행처리과정을 사용하는 아동은 그렇지 않은 아동에 비해 A

신호보다 non-A 신호의 P3b 진폭이 더 높게 나타났다(Kamijo & Masaki, 2016). 또한 선행처리과정을 더욱 효율적으로 사용하는 집단에서 그렇지 않은 집단보다 non-A 신호의 P3b 진폭이 더 높았다(Morales et al., 2015). 따라서 이 연구의 시각과제에서는 선행처리과정이 우세하게 나타나고 있다는 인지신경학적 증거가 확인되었다.

(2) 갈등 인지: N2



[그림 V-3] 시각과제: N2 전체평균파형³⁴⁾

[그림 V-3]은 시각과제에서 조건유형(기대위반, 반응갈등, 통제)에 따른 N2의 전체평균파형을 보여준다. 시간 구간 설정 기준에 따라 N2의 시간 구간은 표적자극 제시 후 250-350ms로 설정하였다. 시각적 분석을

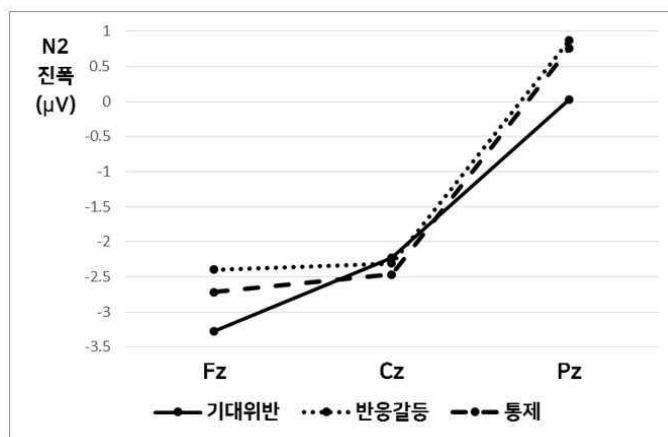
34) 검정색 선은 기대위반 조건, 빨간색 선은 반응갈등 조건, 파란색 선은 통제 조건에 대한 시각과제의 N2 전체평균파형이다. N2는 음전위를 갖는 ERP 요소로서, ERP 그래프에서는 x축 위쪽으로 굴절된다. 시각과제의 경우 시간 구간 250-350ms 내에서 Fz와 Cz 전극을 중심으로 모든 조건에서 뚜렷한 N2 진폭을 보이고 있다.

통해 전극 Fz와 Cz에서 N2의 진폭이 뚜렷하고 높게 나타나고 있으며, 조건별로 유사한 파형을 보이고 있는 것을 확인하였다. Fz에서 기대위반 조건의 N2 진폭이 약간 더 높은 것으로 보인다.

<표 V-6> 시각과제: 전극위치와 조건유형에 따른 N2 진폭 ($N = 19$)

변산원	df	MSE	F	η_p^2
전극위치 ^a	1.2, 22.2	305.162	18.948***	.513
조건유형	2, 36	4.442	1.397	.072
전극위치 × 조건유형 ^a	2.7, 48.1	2.726	1.298	.067

*** $p < .001$. ^a Greenhouse-Geisser 수정



[그림 V-4] 시각과제: Fz, Cz, Pz에서 조건유형별 N2 진폭

N2 전체평균파형에 나타나는 조건유형별 진폭의 차이가 통계적으로 유의한지 확인하기 위하여 전극위치(Fz, Cz, Pz)와 조건유형(기대위반, 반응갈등, 통제)을 주요인으로 하는 반복측정 변량분석을 실시하였다. 분석 결과, <표 V-6>과 같이 전극위치의 주효과만이 유의하였다($F(1.2, 22.2) = 18.948$, $p < .001$, $\eta_p^2 = .513$). [그림 V-4]에서 확인할 수 있는

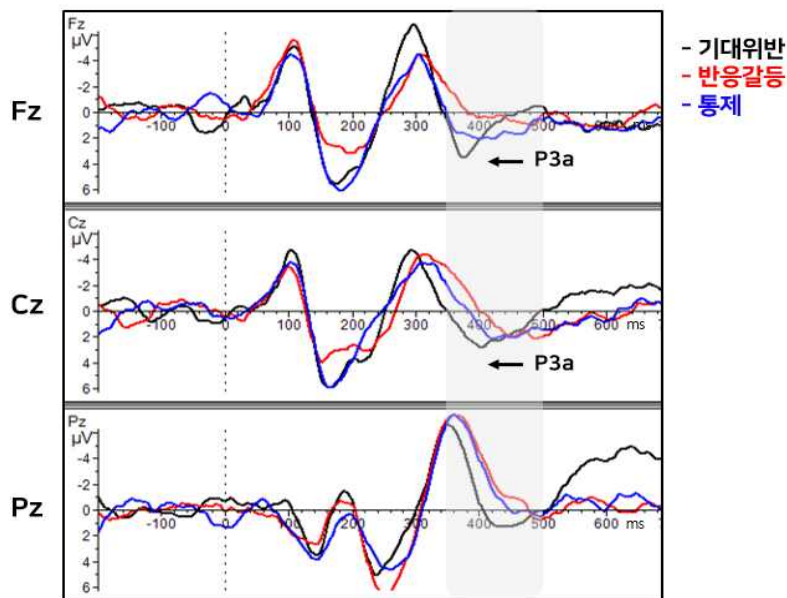
바와 같이, 조건유형에 관계없이 Fz($M = -2.796$, $SE = .402$)와 Cz($M = -2.334$, $SE = .368$)에서 Pz($M = .554$, $SE = .573$)보다 더 높은 N2 진폭이 나타났다(all $ps < .01$). 즉, 시각과제에서 갈등 인지를 반영하는 N2의 진폭은 전두중앙영역(Fz, Cz)에서 뚜렷하고 높게 나타났는데 이는 선행연구에서 밝혀진 N2 검출영역과 일치하는 결과이다(Folstein & van Petten, 2008). 그러나 조건유형에 따른 N2 진폭의 차이는 유의하지 않은 것으로 나타나, 기대위반 조건과 반응갈등 조건에서의 갈등 인지가 동일한 수준으로 나타나는 것을 확인할 수 있었다.

기대위반 조건에서 나타나는 갈등 인지는 아동의 시각 처리에서 예측과 어긋나는 갈등 상황을 알아차리는 과정이 수행되고 있음을 의미한다. 이는 P3b 분석 결과 선행처리과정이 우세하게 나타난 것과 관련이 있는데, 기대위반 조건에서 갈등 인지가 일어나기 위해서는 목표활성화를 통하여 예측이 강하게 이루어지는 것이 선행되어야 하기 때문이다. 따라서 이 결과는 시각 처리에서 선행처리과정이 우세하게 나타난다는 것을 일관적으로 뒷받침하는 결과이다.

그런데 기대위반 조건과 반응갈등 조건에서 나타나는 갈등 인지의 수준에 차이가 나타나지 않았다. 반응갈등 조건에서 나타나는 갈등 인지는 아동의 시각 처리에서 순간적인 갈등 상황을 모니터링하는 과정이 수행됨을 의미한다. 즉, 반응갈등 조건(non-A/X)에서는 non-A 신호를 처리할 때 비표적반응(no)을 해야 한다는 목표활성화가 일어났더라도 X 표적을 처리할 때 반응과 관련 없이 갈등 상황이 인지될 수 있다. X 표적은 표적반응(yes) 및 비표적반응(no) 모두와 관련이 있는 자극이기 때문이다. 이 연구의 결과는 아동이 시각 자극을 처리할 때 예측이 어긋난 갈등 상황(기대위반 조건) 뿐만 아니라 순간적인 갈등 상황(반응갈등 조건)에서도 갈등 인지가 일어나고 있음을 보여주었다.

이는 선행연구에서 나타나지 않았던 새로운 결과이다. 선행연구에서는 기대위반 조건의 N2 진폭이 반응갈등 조건보다 높게 나타났으며 (Kamijo & Masaki, 2016), 더 효율적인 선행처리과정을 사용하는 집단에서 기대위반 조건의 N2 진폭이 더 높게 나타났다(Morales et al., 2015). 이 연구의 결과가 선행연구에서 확인되지 못했던 것은 선행연구들이 조건유형 간의 차이보다는 다른 요인(예, 집단 간 차이)에 보다 중점을 두어 분석하였기 때문이라고 할 수 있다. 이 연구의 결과는 아동의 시각 처리에서 나타나는 인지통제의 특이성을 보여주었다.

(3) 반응 억제: P3a



[그림 V-5] 시각과제: P3a 전체평균파형³⁵⁾

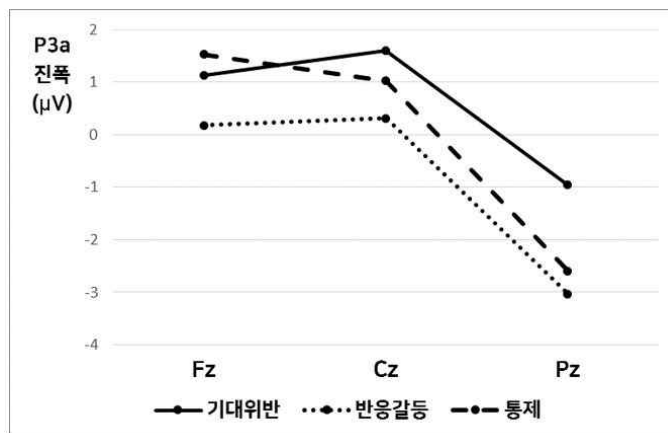
35) 검정색 선은 기대위반 조건, 빨간색 선은 반응갈등 조건, 파란색 선은 통제 조건에 대한 시각과제의 P3a 전체평균파형이다. P3a는 양전위를 갖는 ERP 요소로서 ERP 그래프에서 x축 아래쪽으로 굴절된다. 시각과제의 경우 시간 구간 350-500ms 내에서 Fz와 Cz 전극을 중심으로 기대위반 조건에서 좀 더 높은 P3a 진폭을 보이고 있다.

[그림 V-5]는 시각과제에서 조건유형(기대위반, 반응갈등, 통제)에 따른 P3a의 전체평균파형을 보여준다. 시간 구간 설정 기준에 따라 P3a의 시간 구간은 표적자극 제시 후 350-500ms로 설정하였다. 시각적 분석을 통해 Fz와 Cz에서 P3a가 비교적 높게 나타나고 있고, 각 전극에서 조건유형별 파형의 패턴이 유사하지만 기대위반 조건에서 P3a 진폭이 가장 뚜렷하게 나타나고 있는 것을 확인하였다.

<표 V-7> 시각과제: 전극위치와 조건유형에 따른 P3a 진폭 ($N = 19$)

변산원	df	MSE	F	η_p^2
전극위치 ^a	1, 4, 25.9	263.149	42.159***	.701
조건유형	2, 36	29.917	4.757*	.209
전극위치 × 조건유형 ^a	2, 45.0	8.055	1.898	.095

* $p < .05$, *** $p < .001$. ^a Greenhouse-Geisser 수정



[그림 V-6] 시각과제: Fz, Cz, Pz에서 조건유형별 P3a 진폭

P3a 전체평균파형에 나타나는 조건유형별 진폭의 차이가 통계적으로 유의한지 확인하기 위하여 전극위치(Fz, Cz, Pz)와 조건유형(기대위반,

반응갈등, 통제)을 주요인으로 하는 반복측정 변량분석을 실시하였다. 분석 결과, <표 V-7>과 같이 전극위치($F(1.4, 25.9) = 42.159, p < .001, \eta_p^2 = .701$)와 조건유형($F(2, 36) = 4.757, p < .001, \eta_p^2 = .209$)의 주효과가 각각 유의하였으며 상호작용 효과는 유의하지 않았다. 구체적으로 살펴보면 [그림 V-6]에서 확인할 수 있는 바와 같이 Fz($M = .949, SE = .370$)와 Cz($M = .982, SE = .357$)에서 Pz($M = -2.189, SE = .408$)보다 더 높은 진폭이 나타났다(all $ps < .001$). 그리고 전극위치와 관계없이 기대위반 조건($M = .598, SE = .413$)에서 반응갈등 조건($M = -.845, SE = .356$)보다 P3a의 진폭이 더 높았다($p < .05$).

요약하면, 시각과제에서 반응 억제를 반영하는 P3a의 진폭은 전두중양영역(Fz, Cz)에서 더 높게 나타났는데 이는 선행연구에서 밝혀진 P3a 검출영역과 일치하는 결과이다(Friedman, Cycowicz, & Gaeta, 2001; Kamijo & Masaki, 2016; Polich, 2007). 또한 전극위치와 관계없이 기대위반 조건의 P3a 진폭이 반응갈등 조건보다 높게 나타났다. 즉, 시각 자극을 처리할 때 기대위반 조건에서 반응 억제가 더 강하게 수행되었다는 것을 의미한다.

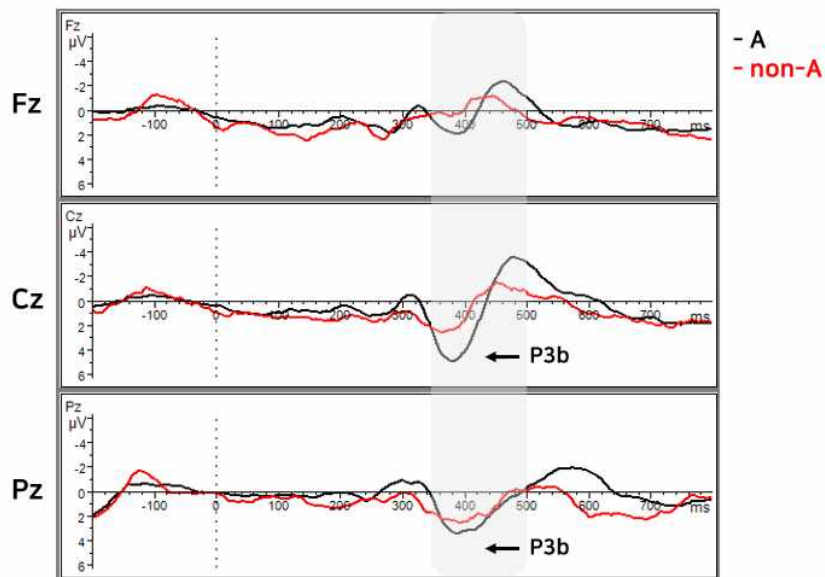
이는 P3b 분석 결과 효율적인 목표활성화가 수행되었던 것, 그리고 N2 분석 결과 기대위반 조건에서 갈등 인지가 수행되었던 것과 함께 시각과제에서 선행처리과정이 우세하게 나타난다는 것을 일관적으로 뒷받침하는 결과이다. 신호를 처리할 때 목표활성화가 효율적으로 수행된 결과 예측과 어긋나는 기대위반 조건(A/non-X)에서 더 큰 방해가 일어났고, 그 결과 기대위반 조건에서 반응 억제를 위한 인지적 자원이 더 많이 필요했다는 것을 의미하기 때문이다. 반응갈등 조건(non-A/X)의 경우 목표활성화를 통해 non-A 신호에서 비표적반응(no)을 하려는 준비가 이루어졌으므로 반응 억제를 위한 인지적 노력이 비교적 덜 요구되었다

고 할 수 있다. 이러한 양상은 선행연구에서도 확인되었다. 선행처리과정을 우세하게 사용하는 경우 기대위반 조건의 P3a 진폭이 반응갈등 조건보다 높게 나타났으며, 더 효율적인 선행처리과정을 사용하는 집단에서 기대위반 조건의 P3a 진폭이 더 높게 나타났다(Morales et al., 2015).

반응 억제를 반영하는 P3a 분석 결과는 행동 반응 분석 결과와도 결부지어 해석할 수 있다. 이 연구에 참여한 아동은 기대위반 조건에서도 다른 조건들과 유사하게 90% 이상의 높은 정답률을 보였는데, 아동이 시각 처리과정에서 요구되는 반응 억제를 잘 수행하였음을 의미한다. 대신 기대위반 조건에서 가장 느린 반응시간을 보였는데, 이는 반응 억제 수행을 반영하고 있기 때문이라고 할 수 있다.

2) 청각과제의 인지통제 양상

(1) 목표활성화: P3b



[그림 V-7] 청각과제: P3b 전체평균파형36)

[그림 V-7]은 청각과제에서 신호유형(A, non-A)에 따른 P3b의 전체 평균파형을 보여준다. 시간 구간 설정 기준에 따라 P3b의 시간 구간은 350-500ms로 설정하였다. 시각적 분석을 통해 전극 Cz와 Pz에서 P3b가 보다 뚜렷하게 나타나며, A 신호의 P3b 진폭이 non-A 신호에 비해 더 높게 나타난 것을 확인할 수 있었다.

<표 V-8> 청각과제: 전극위치와 신호유형에 따른 P3b 진폭 ($N = 19$)

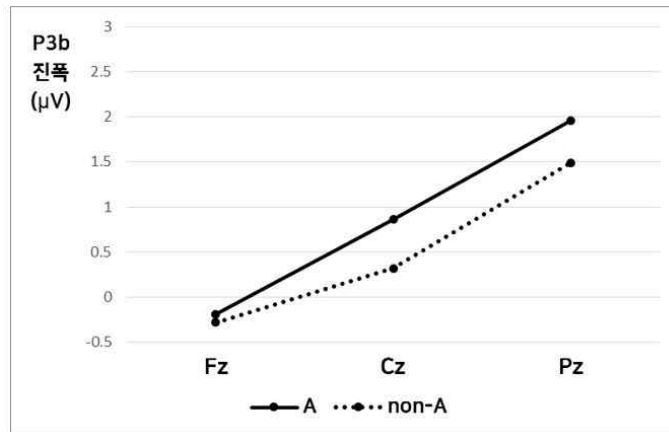
변산원	df	MSE	F	η_p^2
전극위치	2, 36	36.811	30.937***	.632
신호유형	1, 18	3.831	2.304	.113
전극위치 \times 신호유형	2, 36	.552	1.628	.083

*** $p < .001$

P3b 전체평균파형에 나타나는 신호유형별 진폭의 차이가 통계적으로 유의한지 확인하기 위하여 전극위치(Fz, Cz, Pz)와 신호유형(A, non-A)을 주요인으로 하는 반복측정 분산분석을 실시하였다. 분석 결과, <표 V-8>과 같이 전극위치의 주효과만이 유의하게 나타났다($F(2, 36) = 30.937$, $p < .001$, $\eta_p^2 = .632$). Fz($M = -.237$, $SE = .193$), Cz($M = .589$, $SE = .288$), Pz($M = 1.723$, $SE = .302$)로 갈수록 진폭이 증가하는 것으로 나타났으며, 전극 간 차이는 모두 유의하였다(all $ps < .05$). [그림 V-8]에서도 확인할 수 있는 바와 같이, 앞서 시각적 분석을 통해 A 신호

36) 검정색 선은 A 신호, 빨간색 선은 non-A 신호에 대한 청각과제의 P3b 전체평균파형이다. P3b는 양전위를 갖는 ERP 요소로서, ERP 그래프에서는 x축 아래쪽으로 굴절된다. 청각과제의 경우 시간 구간 350-500ms 내에서 Cz와 Pz 전극을 중심으로 A 신호가 좀 더 높은 진폭을 보이고 있다.

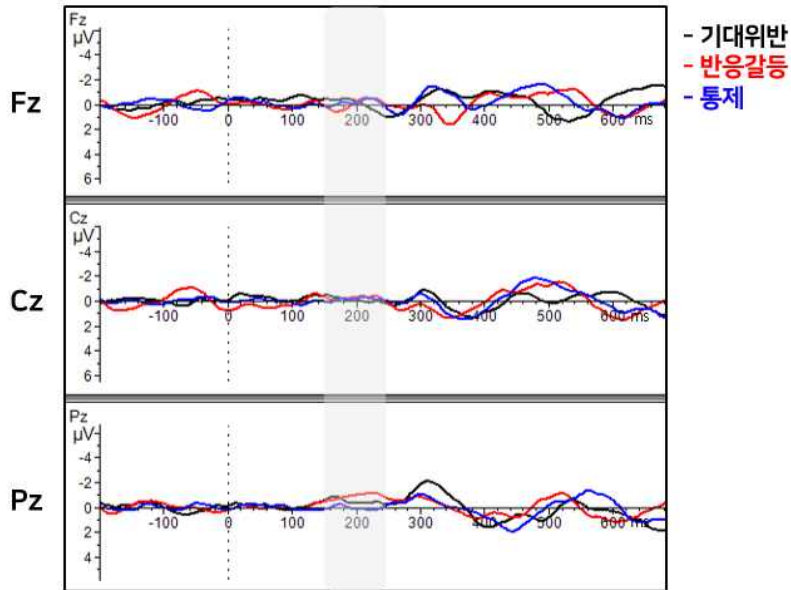
의 P3b 진폭이 non-A 신호보다 약간 더 높은 것으로 나타났지만 통계적으로 유의한 차이는 아니었다. 전극위치와 신호유형의 상호작용 효과 또한 유의하지 않은 것으로 나타났다.



[그림 V-8] 청각과제: Fz, Cz, Pz에서 신호유형별 P3b 진폭

요약하면, 청각과제에서 목표활성화를 반영하는 P3b의 진폭은 중앙두 정영역(Cz, Pz)에서 더 높게 나타났는데 이는 선행연구에서 밝혀진 P3b 검출영역과 일치하는 결과이다(Polich, 2007; Tekok-Kilic et al., 2001). 그러나 신호유형에 따른 P3b 진폭의 차이는 유의하지 않았다. 이 결과는 A 신호와 non-A 신호에 대하여 주의 할당이 동일하게 이루어짐으로써, 새로운 목표에 대한 목표활성화가 효율적으로 수행되지 못하였음을 의미한다. 즉, 청각 자극을 처리할 때 선행처리과정이 약하게 나타난다는 것을 시사한다. 이는 시각과제만을 분석하였던 선행연구들에서 밝혀지지 못했던 새로운 결과로, 청각 처리과정에서는 신호에 따른 예측이 보다 약하게 일어나며, 신호와 표적을 모두 들은 다음 표적을 처리하는 과정에서 인지적 처리가 이루어지는 것으로 해석할 수 있다.

(2) 갈등 인지: N2



[그림 V-9] 청각과제: N2 전체평균파형³⁷⁾

[그림 V-9]는 청각과제에서 조건유형(기대위반, 반응갈등, 통제)에 따른 N2의 전체평균파형을 보여준다. 시간 구간 설정 기준에 따라 N2의 시간 구간은 150-250ms로 설정되었다. 시각적 분석을 통해 시간 구간 내에서 뚜렷한 N2 진폭이 나타나지 않는 것을 볼 수 있다.

N2 전체평균파형에 나타나는 조건유형별 진폭의 차이가 통계적으로 유의한지 확인하기 위하여 전극위치(Fz, Cz, Pz)와 조건유형(기대위반, 반응갈등, 통제)을 주요인으로 하는 반복측정 변량분석을 실시하였다. 분석 결과, <표 V-9>와 같이 주효과와 상호작용 효과 모두 통계적으로 유

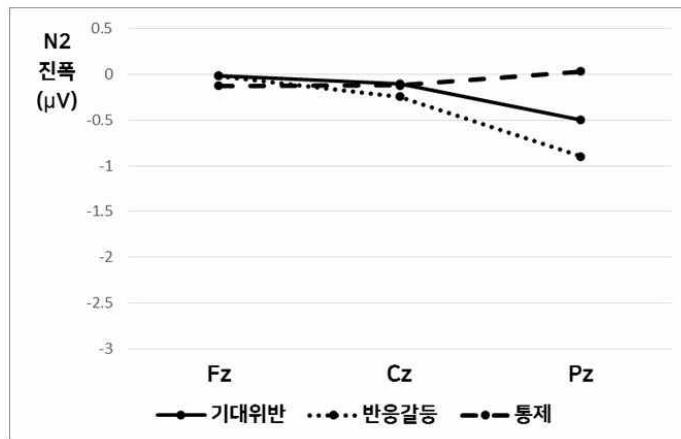
37) 검정색 선은 기대위반 조건, 빨간색 선은 반응갈등 조건, 파란색 선은 통제 조건에 대한 청각과제의 N2 전체평균파형이다. N2는 음전위를 갖는 ERP 요소로서, ERP 그래프에서는 x축 위쪽으로 굴절된다. 청각과제의 경우 시간 구간 150-250ms 내의 모든 조건에서 뚜렷한 N2 지표가 확인되지 않았다.

의하지 않았다. [그림 V-10]에서 확인할 수 있는 바와 같이 청각과제의 N2 진폭은 모든 전극위치에서 기대위반 조건과 반응갈등 조건이 비슷하게 낮게 나타났다.

<표 V-9> 청각과제: 전극위치와 조건유형에 따른 N2 진폭 ($N = 19$)

변산원	df	MSE	F	η_p^2
전극위치	2, 36	2.524	2.349	.115
조건유형	2, 36	1.424	.750	.040
전극위치 \times 조건유형 ^a	2.4, 44.1	2.364	.885	.047

^a Greenhouse-Geisser 수정

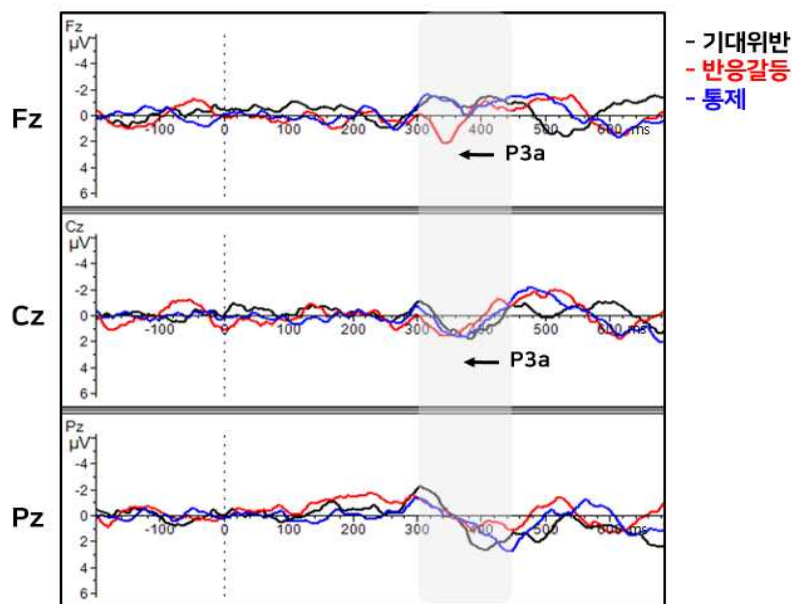


[그림 V-10] 청각과제: Fz, Cz, Pz에서 조건유형별 N2 진폭

따라서 청각과제에서는 갈등 인지를 반영하는 N2가 검출되지 않았다고 해석할 수 있다. 특히 선행연구(Folstein & van Petten, 2008)에서 N2의 검출영역으로 밝혀진 전두중앙영역(Fz, Cz)에서 N2 요소를 확인할 수 없었다. 즉, 기대위반 조건과 반응갈등 조건 모두에서 갈등 인지가 수행되지

않았다는 것을 의미한다. 이 결과는 P3b 분석 결과 선행처리과정이 약하게 수행된 것과 관련이 있다. 목표활성화가 효율적으로 이루어지지 않았으므로 목표와 다른 갈등 상황에 대한 모니터링이 수행되지 않았던 것으로 볼 수 있다.

(3) 반응 억제: P3a



[그림 V-11] 청각과제: P3a 전체평균파형³⁸⁾

[그림 V-11]은 청각과제에서 조건유형(기대위반, 반응갈등, 통제)에 따른 P3a의 전체평균파형을 보여준다. 시간 구간 설정 기준에 따라 P3a의 시간 구간은 300-450ms로 설정하였다. 시각적 분석을 통해 Fz와 Cz

38) 검정색 선은 기대위반 조건, 빨간색 선은 반응갈등 조건, 파란색 선은 통제 조건에 대한 청각과제의 P3a 전체평균파형이다. P3a는 양전위를 갖는 ERP 요소로서, ERP 그래프에서는 x축 아래쪽으로 굴절된다. 청각과제의 경우 시간 구간 300-450ms 내에서 조건 간 진폭의 차이가 뚜렷하게 확인되는 전극은 Fz인데, 반응갈등 조건에서만 P3a 진폭이 나타나고 있다.

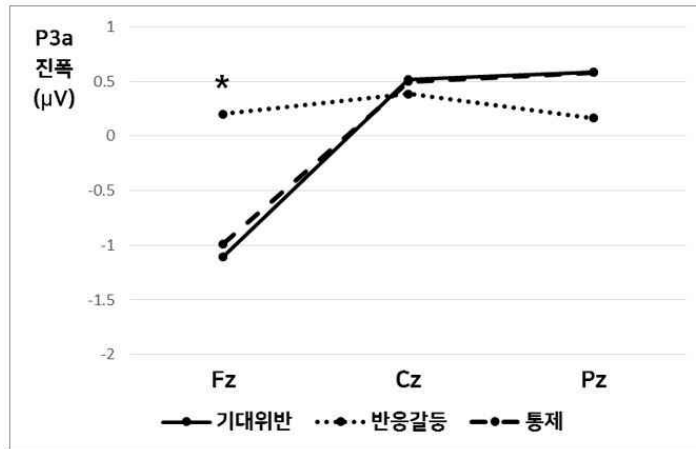
에서 P3a를 확인할 수 있으며, 특히 Fz에서 조건유형 간 진폭의 차이가 명확하게 나타나는 것을 볼 수 있다. 즉, Fz에서 반응갈등 조건의 P3a 진폭이 뚜렷하게 나타났으며 기대위반 조건과 통제 조건에서는 P3a 지표가 나타나지 않았다. Cz에서는 조건유형별 P3a 진폭이 유사하게 나타났다.

P3a 전체평균파형에 나타나는 조건유형별 진폭의 차이가 통계적으로 유의한지 확인하기 위하여 전극위치(Fz, Cz, Pz)와 조건유형(기대위반, 반응갈등, 통제)을 주요인으로 하는 반복측정 변량분석을 실시하였다. 분석 결과, <표 V-10>과 같이 전극위치의 주효과($F(1.5, 26.6) = 10.100$, $p < .01$, $\eta_p^2 = .359$), 전극위치와 조건유형의 상호작용 효과가 유의하였다($F(2.7, 48.3) = 2.740$, $p < .05$, $\eta_p^2 = .132$). 상호작용 효과가 유의하였으므로 전극위치의 주효과는 이 분석에서 큰 의미가 없다고 할 수 있다. 상호작용 효과에 대한 사후분석으로 각 전극별로 조건유형에 따라 P3a 진폭에 대한 일원 반복측정 변량분석을 실시하였다. 그 결과, [그림 V-12]와 같이 Fz에서만 조건유형 간 차이가 유의하였으며($F(2, 36) = 4.745$, $p < .05$, $\eta_p^2 = .209$), 반응갈등 조건($M = .202$, $SD = 1.331$)이 기대위반 조건($M = -1.107$, $SD = 2.087$)보다 더 큰 진폭이 나타났다.

<표 V-10> 청각과제: 전극위치와 조건유형에 따른 P3a 진폭 ($N = 19$)

변산원	<i>df</i>	<i>MSE</i>	<i>F</i>	η_p^2
전극위치 ^a	1.5, 26.6	30.322	10.100**	.359
조건유형	2, 36	1.072	.365	.020
전극위치 × 조건유형 ^a	2.7, 48.3	7.517	2.740*	.132

* $p < .05$, ** $p < .01$. ^a Greenhouse-Geisser 수정



[그림 V-12] 청각과제: Fz, Cz, Pz에서 조건유형별 P3a 진폭

요약하면, 청각과제에서 반응 억제를 반영하는 P3a의 진폭은 전극위치와 조건유형의 상호작용 효과가 있는 것으로 나타났다. 즉, 선행연구(Friedman et al., 2001; Polich, 2007)에서 P3a 지표의 검출영역으로 알려진 전두 영역(Fz)에서 반응갈등 조건의 P3a 진폭이 기대위반 조건에 비해 더 높게 나타났다. 이 결과는 청각 자극을 처리할 때 아동이 예측이 일어나지 않은 갈등 상황(반응갈등 조건)에서 반응 억제가 더 강하게 수행된다는 것을 의미한다.

이는 P3b와 N2 분석에서 청각과제의 선행처리과정이 약하게 나타난 것과 일관되는 결과라고 할 수 있다. 즉, 청각과제에서는 신호를 처리할 때 목표활성화가 약하게 수행되었으므로 표적을 처리할 때 갈등 인지가 수행되지 않았다. 그 결과, 표적반응과 비표적반응을 선택해야 하는 X 표적을 처리할 때 반응 억제를 위한 인지적 자원이 더 많이 요구되었음을 의미한다. 이와 같이 반응갈등 조건(non-A/X)에서 더 강한 반응 억제가 수행된 것은 후행처리과정을 우세하게 활용한다는 증거이다. 높은 비율(80%)로 나타나는 X 표적에 대한 올바른 반응은 신호에 따라 결정

되는데, 아동이 non-A 신호가 나타났을 때 반응을 미리 준비하기보다는 X 표적이 나타났을 때 반응을 선택하기 위하여 신호 정보를 인출하여 재활성화하는 후행처리전략을 사용했다는 것을 의미하기 때문이다 (Braver et al., 2007, 2009).

청각과제를 수행할 때 후행처리과정이 나타난다는 결과는 반응시간에 대한 추가 분석을 통해서도 뒷받침되었다. 과제 수행 시 어떤 통제기제를 우세하게 사용하는지는 조건유형 간 반응시간의 비교를 통해서도 확인해볼 수 있다(Braver et al., 2009). 선행처리과정을 사용하는 경우 non-A 신호는 비표적반응을 완벽하게 예측하므로 반응갈등 조건(non-A/X)과 통제 조건(non-A/non-X)의 수행이 유사하게 나타나게 된다(Morales et al., 2015; Redick, 2014). 반응시간 분석 결과, 시각과제에서는 두 조건의 반응시간에 차이가 나타나지 않았던 것과 달리 청각과제에서는 반응갈등 조건의 반응시간이 통제조건에 비해 더 느린 것으로 나타났다($t(18) = 1.956, p = .06$). 이 결과는 청각과제의 반응갈등 조건에서 후행처리과정이 나타난다는 ERP 분석 결과를 부분적으로 뒷받침하는 행동 반응 결과로 볼 수 있다. 앞서 정답률에 대한 분석 결과, 반응갈등 조건의 정답률은 90% 이상으로 높았으며 기대위반 조건과 차이가 없었다. 따라서 청각과제의 반응갈등 조건에서 확인된 반응시간의 지연은 후행처리과정을 수행하기 위한 인지적 노력의 결과로 해석할 수 있다. 이러한 결과는 반응갈등 조건에서 오류율이 증가하지 않으면서 반응시간의 지연이 나타나는 경우, 효율적인 처리를 위하여 후행처리과정을 활용하는 것으로 해석될 수 있다는 선행연구(Chiew & Braver, 2017)와도 일치한다.

3. 시각 및 청각 처리과정의 인지통제기제 비교

지금까지 기술한 ERP 요소 분석 결과의 주요 내용을 시각과제와 청각과제에 따라 비교하여 요약하면 <표 V-11>과 같다. 인지통제의 하위 기능인 목표활성화(P3b), 갈등 인지(N2), 반응 억제(P3a)의 양상에 대한 각 ERP 요소의 분석 결과를 종합하여, 아동이 시각 및 청각 처리과정에서 어떤 인지통제기제를 우세하게 사용하는지 비교해볼 수 있다.

<표 V-11> 시각 및 청각과제의 ERP 분석 결과 비교

구분	신호처리과정 (A, non-A 신호)	표적처리과정 (기대위반, 반응갈등, 통제조건)		종합
	목표활성화(P3b)	갈등 인지(N2)	반응 억제(P3a)	
시각 과제	A < non-A <ul style="list-style-type: none"> 신호에 따라 주의 할당 수준 다름 효율적 목표활성화 선행처리과정 강화 	N2 검출 <ul style="list-style-type: none"> 두 조건에서 갈등 인지 수준 동일 	기대위반 > 반응갈등 <ul style="list-style-type: none"> 기대위반 조건에서 반응 억제 강화 선행처리과정의 결과 	선행처리과정 우세
청각 과제	A = non-A <ul style="list-style-type: none"> 신호에 따라 주의 할당 수준 동일 목표활성화 약함 선행처리과정 약함 	N2 미검출 <ul style="list-style-type: none"> 두 조건에서 갈등 인지 미수행 	기대위반 < 반응갈등 <ul style="list-style-type: none"> 반응갈등 조건에서 반응 억제 강화 후행처리과정 활용의 증거 	후행처리과정 우세

결과를 종합하면, 시각과제에서는 선행처리과정이 우세한 반면, 청각과제에서는 후행처리과정이 우세한 것으로 나타났다. 인지통제 과정에서 각 하위 기능이 수행되는 양상을 구체적으로 비교해보면 다음과 같다. 먼저 시각과제에서는 아동이 신호를 처리할 때 신호유형(A, non-A)에 따라 주의할당 수준이 달랐다. 이 결과는 신호에 따른 효율적인 목표활

성화를 통해 선행처리과정이 강하게 수행되었음을 의미한다. 이어 표적 자극을 처리할 때 나타나는 갈등 인지는 기대위반 조건(A/non-X)과 반응갈등 조건(non-A/X)에서 동일하게 수행되고 있었다. 아동의 시각 처리과정에서는 강한 선행처리과정을 기반으로 하는 예측이 어긋나는 갈등 상황에 대한 인지뿐만 아니라, 순간적인 갈등 상황 또한 모니터링하는 기능이 수행되었음을 의미한다. 반응 억제는 기대위반 조건에서 더 강하게 수행되었는데, 이를 통해 아동의 시각 처리과정에서 선행처리과정이 우세하게 나타남을 일관적으로 확인하였다. 이 결과는 아동이 맥락 정보를 활용하여 예측하는 능력을 기반으로 시각 처리를 수행하는 것을 의미한다.

이와 달리 청각과제에서 인지통제의 각 하위 기능이 수행되는 양상은 시각과제와 상반된 결과를 보였다. 청각과제에서는 아동이 신호를 처리할 때 신호유형에 따라 주의할당 수준에 차이가 나타나지 않았다. 이 결과는 아동의 청각 처리과정에서 신호에 따라 다른 목표활성화가 이루어지지 않았으며, 곧 선행처리과정이 약하게 수행되었음을 의미한다. 이어 표적자극을 처리할 때 나타나는 갈등 인지는 기대위반 조건과 반응갈등 조건에서 모두 수행되지 않았다. 앞서 선행처리과정이 약하게 나타난 결과, 갈등 상황에 대한 모니터링이 수행되지 않았던 것으로 볼 수 있다. 반응 억제는 반응갈등 조건에서 더 강하게 나타났는데, 이를 통해 아동의 청각 처리과정에서는 선행처리과정이 약하며 후행처리과정을 우세하게 활용한다는 것을 확인하였다. 이 결과는 아동이 청각 자극을 처리할 때 미리 예측하기보다는 자극을 모두 확인한 후 인지적 처리를 수행함을 의미한다.

분석 결과를 비교하였을 때, 아동의 ERP 반응을 통해 살펴본 인지통제 하위 기능의 양상이 시각 및 청각과제에 따라 상이하게 나타났으며,

이를 통해 각 과제에서 우세하게 사용하는 인지통제기제가 다름을 확인하였다. 이와 같은 결과는 시각 및 청각과제 수행의 전반적 경향이 유사하게 나타났던 행동 반응 분석에서는 구체적으로 밝히기 어려운 것이었다. 시각 및 청각 처리과정에서 나타나는 ERP 반응 분석 결과 아동의 인지통제기제는 신경 수준에서 서로 다른 양상으로 나타나는 것을 확인할 수 있었다.

VI. 결론 및 제언

이 장에서는 앞서 도출된 결과를 토대로 이 연구의 결론과 시사점을 논의하고, 연구의 의의와 제한점을 제시한다.

1. 결론 및 논의

아동기에 나타나는 가장 중요한 인지적 변화 중 하나는 사고와 행동을 스스로 통제하기 시작하는 것을 들 수 있다. 이러한 인지통제의 발달은 아동기에 전두엽의 성숙과 더불어 뚜렷하게 나타난다. 아동은 환경의 수많은 자극과 정보들을 다양한 감각을 통해 경험하고 처리하는데, 아동의 인지통제를 살펴본 연구들은 대부분 시각 처리과정에 초점을 두어 분석하였기 때문에 청각 처리과정에서 나타나는 인지통제기제의 특성에 대해서는 알려진 바가 없다. 또한 자극 처리과정에서 나타나는 인지통제기제의 특성을 구체적으로 밝혀내지 못하였다는 한계가 있다. 이에 따라 이 연구는 아동이 외부 정보를 입력하고 처리하는 주요 통로인 시각 및 청각 처리과정에 나타나는 인지통제기제를 인지신경학적 연구방법을 통해 규명하고자 하였다.

이러한 연구목적에 따라 AX-CPT 과제를 활용한 뇌파 실험을 수행하여, 같은 숫자 자극을 이용하여 동일하게 구성된 시각 및 청각과제 수행 과정에 나타난 ERP 반응을 분석하였다. ERP 반응 분석을 위하여 인지통제의 하위 기능인 목표활성화, 갈등 인지, 반응 억제를 각각 반영하는 ERP 요소인 P3b, N2, P3a를 분석 지표로 활용하였다. 또한 ERP 분석 과정에서 아동의 행동 반응(정답률, 반응시간)도 고려하였다.

이 연구에서는 서울 및 수도권 지역에 거주하며 인지통제 능력이 뚜렷해지는 시기인 만 9-10세에 해당하는 학령중기 아동 22명을 연구 참여자로 모집하였다. 아동이 같은 숫자 자극으로 동일하게 구성된 시각 및 청각 AX-CPT 과제를 수행하는 동안의 뇌파 반응을 측정하여 ERP 파형을 산출하였다. 또한 아동의 인지통제 과제 수행 및 뇌파 반응 측정과 관련이 있는 것으로 알려진 지능과 문제행동 수준을 통제하기 위하여 한국 웨슬러 아동지능검사 4판(K-WISC-IV)과 아동·청소년행동평가척도(CBCL 6-18)를 선별 검사로 실시하였다. 선별 검사 결과 및 뇌파 측정 시 노이즈로 인하여 탈락한 아동 3명을 제외하고 총 19명(여아 9명)의 자료를 최종 분석에 포함하였다. 수집된 자료의 분석 결과를 토대로 다음과 같은 결론 및 시사점을 도출하였다.

첫째, 이 연구에서는 인지통제 과제 수행의 결과가 아닌 인지통제 과정에 초점을 둔 분석을 통해, 아동의 인지통제 과제 수행에 내재된 인지통제기제의 특성을 규명함으로써 선행연구의 한계점을 보완할 수 있었다. 특히 아동이 외부 정보를 입력하고 처리하는 주요 통로인 시각 및 청각을 통한 인지통제기제의 차이를 밝히기 위하여, 인지신경학적 지표로서 ERP 반응을 분석하였다. 그 결과, 인지통제 과정에서 작동하는 세가지 하위 기능이 시각과제와 청각과제에서 매우 다른 양상을 보였으며, 이를 통해 시각 및 청각 처리과정에서 우세하게 사용하는 인지통제기제가 상이함을 확인할 수 있었다. 이는 시각 및 청각과제 수행에서 정답률과 반응시간의 전반적 경향이 유사하게 나타났던 이 연구의 행동 반응 분석 결과만으로는 구체적으로 밝히기 어려웠던 것이었다. 즉, 시각 및 청각 처리과정에서 나타나는 아동의 인지통제는 과제 수행의 결과가 아닌 과제 수행의 과정에서 서로 다른 양상을 보이는 것을 확인할 수 있었다.

둘째, 학령중기 아동의 시각 및 청각 AX-CPT 과제 수행 과정에 나

타난 ERP 반응 분석 결과, 아동은 시각 및 청각과제에 따라 서로 다른 인지통제기제를 활용하는 것으로 나타났다. 먼저, 아동은 시각 자극을 처리할 때 선행처리과정을 우세하게 활용하였다. 시각과제를 활용하여 행동 반응을 분석한 선행연구들에서 아동은 유아기(만 5-6세)에 후행처리과정에서 선행처리과정으로의 발달적 전이를 경험하며(Lucenet & Blaye, 2014), 학령중기(만 9-10세) 아동은 선행처리과정을 안정적으로 활용하는 것으로 나타났다. 만 9세 아동은 시각 AX-CPT 과제에서 선행처리과정을 우세하게 활용하였으며(Lorsbach & Reimer, 2010), 만 10세 아동은 만 5세 아동보다 더 효율적으로 맥락 단서를 처리하는 것으로 나타났다(Chevalier et al., 2013). 이 연구의 시각과제에 대한 실험 결과는 학령중기 아동이 선행처리과정을 우세하게 사용한다는 선행연구와 일치하는 결과가 도출되었으며, 덧붙여 기존의 행동 반응 분석 결과에 대한 인지신경학적 증거를 보여주었다고 할 수 있다.

반면, 아동이 청각 자극을 처리할 때는 후행처리과정을 우세하게 활용하는 것으로 나타났다. 청각과제를 활용하여 아동의 인지통제 하위 기능에 대한 두뇌 활성화 양상을 구체적으로 분석한 연구는 아직 없었다. 이 연구의 시각 및 청각 처리과정에서 나타난 인지통제기제의 차이는 수행 결과에 초점을 두는 행동 반응 분석으로는 확인할 수 없는 것이었다. 아동은 시각 및 청각과제 모두에서 90% 이상의 높은 정답률을 보였기 때문이다. 청각과제에서 나타난 이러한 결과는 시각과제를 활용한 선행연구들을 통해 밝혀진 발달이정표와 일치하지 않는 것이다. 시각 처리과정을 통해 아동의 인지통제기제의 발달을 규명한 연구들은 학령중기 아동이 선행처리과정을 안정적으로 사용한다는 것을 밝혔다. 선행처리과정의 발달은 아동기에 이루어지는 전두엽의 성숙, 그리고 이를 토대로 한 목표 표상 능력의 발달을 기반으로 이루어지기 때문에, 시각과 청각에

따라 선행처리과정의 발달 자체가 다를 것이라고 보기는 어렵다. 연령에 따른 인지통제의 발달은 인지적 자원의 조정이 과제에 적합하게 이루어질 수 있도록 촉진시키는 역할을 한다(Chevalier et al., 2013). 그러므로 아동이 선행처리과정을 사용할 수 있게 되었다고 해서 후행처리과정을 활용하지 않는 것은 아니다. 따라서 이 결과는 청각 처리과정에서 인지통제의 발달이 지연되었다는 것을 의미하는 것으로 볼 수 없다. 학령중기는 선행처리과정과 후행처리과정의 사용이 과제 수행에 도움이 되는지에 대한 판단을 통해 과제의 특성에 맞게 인지통제기제를 활용할 수 있는 시기이다(Chevalier et al., 2015). 시각 및 청각과제에서 나타난 인지통제기제의 차이는 아동이 과제의 감각적 특성에 따라 인지통제기제를 서로 다르게 활용한 결과로 보는 것이 더욱 타당하다.

과제의 특성에 따라 인지통제기제가 다르게 나타날 수 있는 것은, 선행처리과정과 후행처리과정에 각각 이점(benefit)과 인지적 비용(cost)이 존재하기 때문이다. 선행처리과정이 전두엽의 기능에 기초한 고차원적 인지 과정이지만, 모든 경우에 효율적인 통제 전략이 되는 것은 아니다. 예를 들면, 맥락 단서가 제시된 후 나타날 자극이 예측가능성이 높을수록 아동은 후행처리과정보다 선행처리과정이 더 효율적일 것이라고 판단하게 된다(Chevalier et al., 2015). 그러나 선행처리과정은 과제 목표를 작업기억에 유지하고 집중하기 위하여 전두엽 기능을 지속적으로 활성화시켜 인지적 자원이 투입되도록 한다. 아동은 성인에 비해 제한된 인지적 자원을 가지고 있으므로 후행처리과정이 더 적절한 기본 전략이 될 수 있다(Munakata et al., 2012). 특히 미래의 반응을 예측하고 준비하는데 맥락 단서가 크게 도움이 되지 않거나 방해 자극이 많을 경우에는 후행처리과정이 더 나은 전략이 될 수 있다. 이러한 선행연구 결과들을 고려하면, 학령중기 아동은 과제 자극의 특성에 따라 다른 인지통제기제를

활용한다고 할 수 있는데 청각과제의 경우에는 후행처리과정을 사용함으로써 과제를 효율적으로 수행하였다고 해석할 수 있다.

셋째, 시각 및 청각 처리과정에서 나타나는 아동의 인지통제기제의 차이는 곧 자극의 감각적 특성에 따라 맥락 정보를 활용하는 양상이 다르다는 것을 시사한다. 시각과제에서 선행처리과정이 우세하게 나타난 것은 아동이 시각 자극을 처리하는 과정에서 표적자극에 대한 적절한 반응을 미리 예측할 수 있도록 하는 맥락 정보(신호)를 활용함으로써 과제의 목표를 활성화하고 적극적으로 유지하는 통제 과정이 나타났음을 의미한다. 이와 달리 시각과제와 동일하게 구성된 청각과제에서 후행처리과정이 우세하게 나타난 것은, 청각 자극을 처리할 때는 맥락 정보를 활용한 예측 과정이 이루어지기보다는 신호와 표적자극을 모두 확인한 후 자극에 기반한 인지적 처리가 수행되었다는 것을 의미한다.

시각과 청각 처리과정에서 맥락 정보를 활용하는 양상이 다르게 나타난 것은, 맥락 정보의 유지를 위한 인지적 부담의 관점(Munakata et al., 2012)에서 논의해 볼 수 있다. 선행처리과정은 목표를 활성화하고 유지하기 위해 측면 전전두엽 피질의 지속적인 신경 활동이 수행되는, 인지적 부담이 보다 큰 통제기제이다. 그러므로 과제의 목표가 쉽고 명확한 경우에 선행처리과정을 더 많이 활용할 수 있다(Locke & Braver, 2008). 특히 이러한 경향은 아동에게서 뚜렷하게 나타나는데, 아동은 과제를 성공적으로 수행하기 위하여 사용할 수 있는 주의 자원의 양이 제한적이기 때문이다(Broadbent, 1958). 이 연구에서 신호유형에 따른 주의 할당 정도를 반영하는 ERP 요소인 P3b 분석 결과를 통해 확인할 수 있었던 것과 같이, 시각과제에서는 신호를 적극적으로 활용하는 목표활성화가 효율적으로 수행되었으며 선행처리과정이 뚜렷하게 나타났다. 이는 시각 신호를 입력하고 부호화하는 데 필요한 인지적 자원이 비교적 적었으며

인지적 부담이 높은 선행처리과정을 활용하는 데 무리가 없었다는 것을 의미한다.

반면, 청각과제에서 선행처리과정의 활용이 감소하고, 신호와 표적 자극을 모두 들은 다음에 목표가 인출되는 후행처리과정이 우세하였던 것은, 청각 신호를 입력하고 부호화하는 과정에 보다 많은 자원이 투입되었다는 것을 의미한다. 선행연구의 결과에 따르면, 시각에 비해 청각 자극을 처리하기 위해 더 많은 인지적 자원이 필요하다는 것을 뒷받침하는 결과들이 보고되었다. 예를 들어, Mahone 등(2005)은 아동의 시각 CPT와 청각 CPT 결과를 비교하였을 때 시각에 비해 청각과제에서 오류율이 더 높고 반응시간이 더 느린 것을 확인했다. 또한, 이 연구와 동일하게 한 자리 숫자 자극을 사용한 주미진과 하지완(2018)의 연구에서도 청각과제의 반응시간이 시각과제에 비해 느린 것으로 나타났다. 이러한 결과들은 연속적으로 제시되는 청각 자극을 처리할 때 자극을 부호화하기 위한 인지적 자원이 상대적으로 많이 요구되며 청각 자극이 보다 느리게 처리된다는 점을 시사한다.

이와 같이 시각 및 청각 처리과정에 따라 맥락 정보를 활용하는 양상이 다르다는 결과는 인지 처리 방향의 관점, 즉 하향식 처리(top-down) 및 상향식 처리(bottom-up)의 관점에서 아동의 인지 처리 특성에 대한 새로운 시사점을 제공한다. 선행처리과정은 자극이 나타나기 전 맥락 정보를 활용하여 내적으로 표상된 목표에 따라 자극의 처리가 이루어지는 하향식 통제인 반면, 후행처리과정은 자극이 나타난 후 자극 정보에 따라 목표의 인출이 이루어지는 상향식 통제이다(Braver et al., 2007). 따라서 이 연구의 결과는 아동이 시각 정보를 처리할 때는 하향식 처리 전략을, 청각 정보를 처리할 때는 상향식 처리 전략을 보다 우세하게 사용할 것임을 시사한다. 이에 따라 아동이 시각 정보와 청각 정보를 처리할

때 나타나는 인지 처리의 특성을 추론해볼 수 있다. 즉, 아동이 시각 정보를 처리할 때는 과제 목표에 따른 맥락 정보를 기반으로 하여 정보를 처리하는 경향이 나타날 것이다. 그 결과 더 빠르고 효율적인 처리가 가능하지만 이 과정에서 새로운 정보를 무시하거나 왜곡할 가능성이 더 높아질 수 있다(Blackwell & Munakata, 2014). 이와 달리, 청각 정보를 처리할 때는 자극 정보의 특성을 기반으로 한 인지적 처리가 이루어지는 경향이 나타날 것이다. 자극 정보를 기반으로 하는 처리는 비교적 느리지만, 새로운 정보가 나타났을 때 보다 융통성 있는 전환이 가능하다(Munakata et al., 2012). 시각 및 청각 자극을 처리하는 과정에서는 하향식 처리 전략과 상향식 처리 전략이 모두 작용하며 상호작용하는 특성을 갖는다(Banich & Compton, 2011). 이 연구의 결과는 시각과 청각 처리에 따라 아동의 인지통제 과정에서 보다 우세하게 나타나는 인지 처리 전략이 다를 수 있음을 보여주었다.

2. 의의 및 제언

이 연구는 다음과 같은 학술적, 실용적 의의를 갖는다. 첫째, 이 연구는 시각 및 청각 처리과정이 서로 다른 모듈로 작동한다는 선행연구를 지지하는 새로운 경험적 근거를 제공하였다는 학술적 의의가 있다. 선행연구들을 통해 시각과 청각 정보를 처리하는 두뇌 신경 회로가 다를 뿐만 아니라, 주의와 작업기억 등 주요 인지 기능이 상이한 기제로 작동한다는 것이 밝혀졌다(Aylward et al., 2002). 지금까지 아동을 대상으로 한 대부분의 인지통제 연구들에서는 시각과제만을 사용하였으므로 청각 자극을 처리할 때 나타나는 인지통제의 특성은 밝혀지지 못하였다. 이 연구의 결과는 보다 상위 인지 기능인 인지통제에 있어서도, 시각 및 청

각에 따라 아동의 인지통제기제가 다르게 나타남을 밝힌 최초의 연구라는 의의가 있다. 특히, 아동의 인지통제의 특성을 규명한 선행연구들에서는 주로 과제 수행의 결과로 나타난 행동 반응에 대한 분석이 이루어졌던 것과 달리, 이 연구에서는 인지신경학적 방법론인 ERP 분석을 활용하여 아동의 인지통제기제를 직접 살펴볼 수 있었다. 이를 통해 아동이 시각 및 청각 자극에 대한 인지적 처리를 수행하는 과정에서 나타나는 신경 활동의 특성을 구체적으로 규명하였다. 뿐만 아니라, 같은 숫자 자극을 사용하여 시각 및 청각과제를 동일하게 구성함으로써 시각 처리와 청각 처리의 비교가 가능하였다는 방법론적 의의를 찾을 수 있다. 한국어의 한 자리 숫자는 모두 1음절로 발음되므로 시각과 청각으로 제시되었을 때 자극 특성의 차이를 최소화할 수 있기 때문이다.

둘째, 시각 및 청각 처리과정에서 나타나는 아동의 인지통제기제의 차이는 DMC 모델을 지지하는 인지신경학적 근거를 제공하였다. DMC 모델에서는 아동의 인지통제가 선행처리과정과 후행처리과정이라는 두 가지 통제기제의 작동으로 이해될 수 있으며, 두 통제기제의 활용은 역상관관계가 있다고 상정한다(Braver, 2012; Braver et al., 2007). 즉, 선행처리과정의 활용이 증가하면 후행처리과정의 활용이 감소하고, 그 반대도 성립한다는 것이다. 일반적으로 특정 과제 상황에서 하나의 통제기제가 이점을 갖는다면, 다른 기제는 그렇지 않기 때문이다. 이 연구의 결과, 아동이 동일한 인지통제 과제를 수행할 때 시각과제에서는 선행처리과정이 우세하였던 반면, 청각과제에서는 선행처리과정이 약화되고 후행처리과정이 우세하였다. 따라서 이 연구의 결과는 두 통제기제가 역상관관계에 있다는 DMC 이론을 신경 수준에서 지지하는 증거를 제시하였다는 의의가 있다.

셋째, 시각 및 청각 처리과정에 따라 아동의 인지통제기제가 다르게

나타난다는 결과를 통해 학령중기 아동을 위한 실용적 시사점을 제안할 수 있다. 이 연구의 결과는 아동이 외부 환경의 정보를 처리할 때, 시각 자극은 맥락 정보를 적극적으로 활용하여 미리 반응을 예측하고 준비하는 하향식 통제 전략을 우세하게 사용하는 반면, 청각 자극은 미리 반응을 예측하기보다는 자극을 모두 확인한 후 필요에 맞게 반응하는 상향식 통제 전략을 사용하는 경향을 이끌어낸다는 것을 보여주었다. 이를 통해 동일한 인지적 처리가 요구되는 과제라도 시각으로 제시하였을 때와 청각으로 제시하였을 때 아동이 정보를 입력하고 처리하는 방식은 다르게 나타날 것이라고 추론할 수 있다. 또한 과제가 요구하는 인지적 특성에 따라 단일 매체보다는 시각과 청각 매체를 적절히 활용한 교육자료 및 활동이 구성될 필요가 있음을 시사한다.

이러한 시사점은 아동의 읽기와 듣기 수행을 예로 들어 구체적으로 적용해볼 수 있다. 아동의 텍스트 이해는 문자 및 음성 언어 기호를 해독하는 상향식 처리와 배경 지식을 활용하여 내용을 예측하는 하향식 처리가 상호작용하는 과정이다(Rumelhart, 1980). 아동의 다양한 인지 활동 중에서도 읽기와 듣기는 동일한 텍스트에 대하여 시각 또는 청각 매체를 통해 수행될 수 있다는 점에서, 매체의 감각 양식에 따른 아동의 텍스트 이해의 특성을 살펴본 연구들이 수행되었다. 선행연구에 따르면 아동의 텍스트 이해는 시각 및 청각 처리에 따라 다른 특성을 보이는 것으로 알려져 있다(Cain & Bignell, 2014; Kintsch & van Dijk, 1978; Wolf, Muijselaar, Boonstra, & de Bree, 2018). 그러나 시각 및 청각 매체에 따라 텍스트 이해 과정에 어떤 하위 기능이 작용하여 어떻게 다르게 처리되는지에 대해서는 아직 구체적으로 밝혀지지 못하였다. 선행연구들 및 이 연구의 결과를 토대로, 시각 및 청각 매체에 따른 아동의 텍스트 이해 과정의 특성을 추론해볼 수 있다.

텍스트를 종이책이나 전자책과 같은 시각 매체로 제시하였을 경우, 아동은 맥락 정보나 배경 지식을 활용하여 내용을 미리 상상하거나 예측하며 읽는 하향식 전략을 우세하게 사용할 것이다. 따라서 전체 내용을 개략적으로 파악할 필요가 있을 때는 시각 매체를 통한 읽기가 더욱 적합할 수 있다. 반면, 동일한 텍스트를 오디오북과 같은 청각 매체로 제시하였을 때 아동은 텍스트의 내용을 기반으로 하여 보다 신중하게 처리하는 상향식 전략을 우세하게 사용할 것이다. 따라서 특정 내용을 깊이 있게 파악해야 하는 경우 청각 매체 활용을 고려하는 것이 보다 적절한 방법이 될 수 있을 것이다. 이 연구의 결과는 시각 및 청각 매체에 따라 아동의 텍스트 이해의 특성에 차이가 나타나는 것에 대한 설명을 제공할 수 있다. 또한, 이 연구의 결과를 통해 읽기의 목적이나 텍스트의 난이도에 따라 아동이 두 통제기제를 적절하게 활용할 수 있도록 돕는 교육적 중재의 필요성을 뒷받침할 수 있다.

이와 같은 주요 의의에도 불구하고, 이 연구는 몇 가지 제한점이 있다. 첫째, 모든 실험연구가 그러하듯, 이 연구의 결과만으로 아동의 인지통제의 특성을 일반화하는 데에는 한계가 있다. 특히 이 연구는 DMC 모델을 기반으로 하여 아동의 청각 처리과정에 나타나는 인지통제기제의 특성을 분석한 최초의 연구이므로 보다 신중하게 해석될 필요가 있다. 후속 연구를 통해 시각 및 청각 처리과정에 따른 아동의 인지통제기제의 특성이 다양한 과제 및 실험조건 하에서 검증되어야 이와 관련된 더욱 구체적인 논의가 가능할 것이다.

둘째, 연구 대상과 관련된 제한점이 있다. 이 연구는 인지통제가 안정적으로 발달하기 시작하는 만 9-10세 학령중기 아동을 대상으로 하였다. 이 연구의 시각 및 청각과제에서 나타나는 인지통제기제의 차이가 학령중기 아동의 발달 특성이라는 강력한 경험적 근거를 제시하기 위해서는,

후속 연구에서 유아, 성인 등 다양한 연령의 대조군과 비교가 이루어질 필요가 있다.

셋째, 표본의 특성이 결과에 영향을 미쳤을 가능성이 있다. 이 연구에서는 선별 검사를 통해 아동의 지능과 문제행동 수준을 통제하고, 동일한 피험자가 시각과제와 청각과제를 모두 수행하도록 하여 다른 변인들의 영향력을 최대한 통제하였다. 그러나 표본 자체의 특성이 결과에 영향을 미쳤을 수도 있다. 이 연구는 무선 표집절차를 거쳤으나 자발적으로 보호자와 함께 실험실에 방문해야만 참여가 가능하였다. 따라서 서울 및 수도권에 거주하며 실험 참여 의지가 있는 적극적인 보호자와 아동의 특성이 우수한 과제 수행 결과(예, 높은 정답률)에 반영되었을 수 있다. 아동의 높은 정답률은 ERP 분석이 이루어지기 위한 전제 조건이었으므로 이 연구의 표본은 연구 결과를 도출하는 데 타당한 표본이었다고 할 수 있다. 그럼에도 불구하고 후속 연구를 통해 더욱 다양한 특성을 가진 아동이 포함된 표본을 대상으로 하여 동일한 패턴의 결과가 나타나는지 반복 검증될 필요가 있다.

이 연구에서 도출된 결과와 연구의 제한점을 바탕으로, 후속 연구에서 고려해야 할 사항을 다음과 같이 제언한다. 첫째, 이 연구의 결과를 통해 임상 아동의 인지통제에 대한 신경학적 평가의 필요성을 제안할 수 있다. 시각과 청각에 따라 아동의 인지통제기제가 다르다는 결과는 다각적인 인지통제의 평가가 이루어질 필요가 있으며 임상 아동을 대상으로 유용하게 활용될 수 있음을 시사한다. 시각 손상이 있어서 시각과제만으로는 정확한 인지 기능의 측정이 어려운 아동의 경우에는 청각과제를 활용한 인지통제 평가가 가능할 것이다. 또한 시각이나 청각에 선천적으로 장애를 가지고 태어나 이후에 회복한 아동의 경우에는 시각 및 청각과제의 수행을 건강한 아동과 비교해봄으로써 감각 손상이 인지통제에 미치

는 영향력을 평가할 수 있을 것이다. 시각과 청각 처리에 따라 인지 기능의 손상 정도가 다르게 나타날 수 있는 경우에도 다양한 측면에서 인지통제의 평가가 이루어져야 한다. ADHD 아동은 시각 주의와 청각 주의의 손상 정도에 차이가 있는데(Lin et al., 2014), 이 경우 시각과 청각 처리과정에서 나타나는 인지통제기제의 양상이 일반 아동과 다르게 나타날 수 있으며 이러한 양상이 이후의 발달과 어떠한 관련이 있는지 평가할 수 있다.

둘째, 이 연구에서는 시각 및 청각 처리과정에서 인지통제기제가 다르게 나타난 것에 대하여, 두 통제기제가 요구하는 인지적 부담의 관점에서 논의가 이루어졌다. 이에 대한 보다 명확한 근거를 제시하기 위해서는 후속 연구를 통한 보완이 필요하다. 이 연구에 사용된 시각 및 청각과제는 자극의 감각 양식에 따른 차이를 규명하기 위하여 아동의 작업 기억, 지능과 같은 개인차를 통제하고 인지적 부담을 최소화한 과제라고 할 수 있다. 따라서 과제가 요구하는 인지적 부담의 수준이 달라질 때(예, 작업기억 부담 증가, 과제 난이도 증가 등) 시각 및 청각 처리과정에서 나타나는 인지통제기제의 양상이 어떻게 다른지 살펴본다면 연구 결과에 대한 논의를 확장할 수 있을 것이다. 예를 들어, 시각과제를 활용한 선행연구들에서 작업기억 부담이 증가하면(예, 신호와 표적자극 간 간격 증가) 아동의 선행처리과정 사용이 감소하는 것으로 나타났는데, 청각과제에서는 인지통제기제의 양상이 어떻게 달라지는지 확인해 볼 수 있다. 또한 신호가 표적반응을 타당하게 예측하는 정도가 달라지는 경우(예, 표적 조건의 비율을 변화시키는 경우) 선행처리과정의 활용에 차이가 있는지, 이러한 양상은 시각 및 청각 처리에 따라 어떻게 다른지를 검증할 수 있을 것이다.

셋째, 이 연구에서는 한 자리 숫자 자극을 활용하여 시각과제와 청각

과제를 동일하게 구성하여 비교가 이루어졌다. 후속 연구에서는 자극의 감각적 특성을 다양하게 조작한 연구(예, 자극의 종류, 자극 간 유사성 등)가 수행될 필요가 있다. 예를 들면, 과제 자극 범주가 구별하기 쉬운 특성을 가질수록 P3b 진폭이 더 높아지고(Polich, 2007), 갈등 상황에서 자극의 감각적 유사성의 정도가 증가할수록(예, F-T: 시각적 유사성 높음, F-S: 청각적 유사성 높음) N2 진폭이 더 높아지는 것으로 알려져 있다(Nieuwenhuis et al., 2004). 이처럼 자극의 특성을 다양하게 변화시켜 아동의 목표활성화, 갈등 인지, 반응 억제의 양상이 어떠한지 확인해 본다면 아동의 인지통제기제에 영향을 미치는 시각 및 청각 처리과정에 대한 더욱 풍부한 논의가 가능할 것이다.

마지막으로, 이 연구의 목적은 과제 변인에 초점을 두어 시각 및 청각 처리과정에 따른 아동의 인지통제기제를 규명하는 것이었으므로, 작업기억이나 언어 능력과 같은 아동 개인 변인은 통제하였다. 그런데 이 연구에서 통제된 인지적 요인뿐만 아니라, 성인을 대상으로 한 선행연구들에 따르면 정서 및 동기와 같은 비인지적 요인도 인지통제기제의 활용에 영향을 미치는 것으로 나타났다(Chiew & Braver, 2017; Fales et al., 2008). 따라서 후속 연구에서는 다양한 연령의 대조군을 포함하여 아동의 인지적, 정서적 변인에 따른 인지통제기제를 분석할 수 있는 실험 설계가 이루어진다면, 아동의 인지통제기제에 대한 보다 깊이 있는 해답을 얻을 수 있을 것이다.

참 고 문 헌

- 곽금주 · 오상우 · 김청택 (2011). *K-WISC-IV(한국 웨슬러 아동지능검사-4판) 전문가 지침서*. 서울: 학지사.
- 김도원 · 김명선 · 김성필 · 박영민 · 박진영 · 배경열 ... 황한정 (2017). *뇌파의 이해와 응용*. 서울: 학지사.
- 손정우 (2006). 시각 주의력과 청각 주의력의 차이를 보이는 주의력 결핍 · 과잉활동장애 아동의 인지기능과 정서 및 행동 문제. *생물정신의학*, 13(2), 70-81.
- 송현주 (2008). 청각 주의력과 지능. *한국심리학회지: 임상*, 27(3), 767-775.
- 오경자 · 김영아 (2010). *아동 · 청소년 행동평가척도 매뉴얼*. 서울: 휴노 컨설팅.
- 이성은 (2017). 제2언어 능력이 초기 제3언어 학습에 미치는 인지적 영향성: 주어-동사 일치관계 처리에 대한 뇌파측정(EEG)을 활용한 융합연구. *독일문학*, 142, 385-406.
- 주미진 · 하지완 (2018). 순수 말소리장애 아동과 언어장애 동반 말소리장애 아동의 시각 및 청각 지속주의 특성. *Communication Sciences & Disorders*, 23(2), 279-287.
- 최인화 (2009). 사건관련전위(ERP) 측정을 통해 본 아동의 문장이해과정. 서울대학교 대학원 박사학위논문.
- Atkinson, J., & Braddick, O. (2012). Visual attention in the first years: Typical development and developmental disorders. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 54(7), 589-595.
- Aylward, G. P., Brager, P., & Harper, D. C. (2002). Relations between visual and auditory continuous performance tests in a clinical population: A descriptive study. *Developmental Neuropsychology*, 21(3), 285-303.
- Baddeley, A. D. (2003). Working memory and language: An overview. *Journal of Communication Disorders*, 36(3), 189-208.

- Banich, M. T., & Compton, R. J. (2011). *Cognitive Neuroscience* (3rd Ed.). Belmont, CA: Wadsworth Cengage Learning.
- Bartgis, J., Lilly, A. R., & Thomas, D. G. (2003). Event-related potential and behavioral measures of attention in 5-, 7-, and 9-year-olds. *Journal of General Psychology, 130*(3), 311-335.
- Bear, M. F., Connors, B. W., & Paradiso, M. A. (2016). *Neuroscience: Exploring the Brain* (4th ed.). Philadelphia, PA: Wolters Kluwer.
- Bekker, E. M., Kenemans, J. L., & Verbaten, M. N. (2004). Electrophysiological correlates of attention, inhibition, sensitivity and bias in a continuous performance task. *Clinical Neurophysiology, 115*(9), 2001-2013.
- Best, J. R., & Miller, P. H. (2010). A developmental perspective on executive function. *Child Development, 81*(6), 1641-1660.
- Blackwell, K. A., & Munakata, Y. (2014). Costs and benefits linked to developments in cognitive control. *Developmental Science, 17*(2), 203-211.
- Blair, C., & Razza, R. P. (2007). Relating effortful control, executive function, and false belief understanding to emerging math and literacy ability in kindergarten. *Child Development, 78*(2), 647-663.
- Boersma, P., & Weenink, D. (2018). Praat: Doing phonetics by computer [Computer program]. Version 6.0.36, retrieved 14 February 2018 from <http://www.praat.org/>
- Botvinick, M. M., Cohen, J. D., & Carter, C. S. (2004). Conflict monitoring and anterior cingulate cortex: An update. *Trends in Cognitive Sciences, 8*(12), 539-546.
- Braga, R. M., Wilson, L. R., Sharp, D. J., Wise, R. J., & Leech, R. (2013). Separable networks for top-down attention to auditory non-spatial and visuospatial modalities. *Neuroimage, 74*(100),

77-86.

- Braver, T. S. (2012). The variable nature of cognitive control: A dual mechanisms framework. *Trends in Cognitive Sciences*, 16(2), 106-113.
- Braver, T. S., Barch, D. M., Keys, B. A., Carter, C. S., Cohen, J. D., Kaye, J. A., ... Reed, B. R. (2001). Context processing in older adults: Evidence for a theory relating cognitive control to neurobiology in healthy aging. *Journal of Experimental Psychology*, 130(4), 746-763.
- Braver, T. S., & Cohen, J. D. (1999). Dopamine, cognitive control, and schizophrenia: The gating model. *Progress in Brain Research*, 121, 327-349.
- Braver, T. S., Gray, J. R., & Burgess, G. C. (2007). Explaining the many varieties of working memory variation: Dual mechanisms of cognitive control. In A. R. A. Conway, C. Jarrold, M. J. Kane, A. Miyake, & J. N. Towse (Eds.), *Variation in working memory* (pp. 76-106). New York: Oxford University Press.
- Braver, T. S., Paxton, J. L., Locke, H. S., & Barch, D. M. (2009). Flexible neural mechanisms of cognitive control within human prefrontal cortex. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 106(18), 7351-7356.
- Braver, T. S., & Ruge H. (2006). Functional neuroimaging of executive functions. In R. Cabeza & A. Kingstone (Eds.). *Functional neuroimaging of cognition* (pp. 307-347). Cambridge, MA: MIT Press.
- Broadbent, D. E. (1958). *Perception and communication*. New York, NY: Pergamon Press.
- Cain, K., & Bignell, S. (2014). Reading and listening comprehension and their relation to inattention and hyperactivity. *British*

- Journal of Educational Psychology*, 84(1), 108–124.
- Chatham, C. H., Frank, M. J., & Munakata, Y. (2009). Pupillometric and behavioral markers of a developmental shift in the temporal dynamics of cognitive control. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 106(14), 5529–5533.
- Chevalier, N., & Blaye, A. (2009). Setting goals to switch between tasks: Effect of cue transparency on children's cognitive flexibility. *Developmental Psychology*, 45(3), 782–797.
- Chevalier, N., Blaye, A., Dufau, S., & Lucenet, J. (2010). What visual information do children and adults consider while switching between tasks? Eye-tracking investigation of cognitive flexibility development. *Developmental Psychology*, 46(4), 955–972.
- Chevalier, N., Martis, S. B., Curran, T., & Munakata, Y. (2015). Metacognitive processes in executive control development: The case of reactive and proactive control. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 27(6), 1125–1136.
- Chevalier, N., Sheffield, T. D., Nelson, J. M., Clark, C. A. C., Wiebe, S. A., & Espy, K. A. (2012). Underpinnings of the costs of flexibility in preschool children: The roles of inhibition and working memory. *Developmental Neuropsychology*, 37(2), 99–118.
- Chevalier, N., Wiebe, S. A., Huber, K. L., & Espy, K. A. (2013). Qualitative change in executive control during childhood and adulthood. *Cognition*, 128(1), 1–12.
- Chiew, K. S., & Braver, T. S. (2017). Context processing and cognitive control: From gating models to dual mechanisms. In T. Egner (Ed.), *The Wiley handbook of cognitive control* (pp. 143–166). West Sussex, UK: John Wiley & Sons.

- Clark, A. (2006). Language, embodiment, and the cognitive niche. *Trends in Cognitive Sciences*, 10(8), 370-374.
- Cooper, R. (1998). Visual dominance and the control of action. In M. A. Gernsbacher & S. J. Derry (Eds.), *Proceedings of the 20th Annual Conference of the Cognitive Science Society* (pp. 250-255). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Corbetta, M., & Shulman, G. L. (2002). Control of goal-directed and stimulus-driven attention in the brain. *Nature Reviews Neuroscience*, 3(3), 201-215.
- Czernochowski, D. (2015). ERPs dissociate proactive and reactive control: Evidence from a task switching paradigm with informative and uninformative cues. *Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience*, 15(1), 117-131.
- D'Ascenzo, S., Lugil, L., Baroni, G., Guidotti, R., Rubichi, S., Iani, C., & Nicolette, R. (2018). Visual versus auditory Simon effect: A behavioral and physiological investigation. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 71(4), 917-930.
- Deak, G. O. (2004). The development of cognitive flexibility and language abilities. *Advances in Child Development and Behavior*, 31, 271-327.
- DeCasper, A. J., & Fifer, W. P. (1980). Of human bonding: Newborns prefer their mother's voices. *Science*, 208(4448), 1174-1176.
- Diamond, A. (2013). Executive Functions. *Annual Review of Psychology*, 64(1), 135-168.
- Doebel, S., Barker, J. E., Chevalier, N., Michaelson, L. E., Fisher, A. V., & Munakata, Y. (2017). Getting ready to use control: Advances in the measurement of young children's use of proactive control. *PLoS ONE*, 12(4): e0175072.
- Doebel, S., Dickerson, J. P., Hoover, J. D., & Munakata, Y. (2018).

- Using language to get ready: Familiar labels help children engage proactive control. *Journal of Experimental Child Psychology*, 166, 147–159.
- Donchin, E. (1981). Surprise!...Surprise? *Psychophysiology*, 18(5), 493–513.
- Donkers, F. C., Nieuwenhuis, S., & van Boxtel, G. J. (2005). Mediofrontal negativities in the absence of responding. *Cognitive Brain Research*, 25(3), 777–787.
- Downes, M., Bathelt, J., & de Haan, M. (2017). Event-related potential measures of executive functioning from preschool to adolescence. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 59(6), 581–590.
- Elke, S., & Wiebe, S. A. (2017). Proactive control in early and middle childhood: An ERP study. *Developmental Cognitive Neuroscience*, 26, 28–38.
- Eimas, P. D., Siqueland, E. R., Jusczyk, P., & Vigorito, J. (1971). Speech perception in infants. *Science*, 171(3968), 303–306.
- Eisenberg, N., & Sulik, M. J. (2012). Emotion-related self-regulation in children. *Teaching of Psychology*, 39(1), 77–83.
- Fales, C. L., Barch, D. M., Burgess, G. C., Schaefer, A., Mennin, D. S., Gray, J. R., & Braver, T. S. (2008). Anxiety and cognitive efficiency: Differential modulation of transient and sustained neural activity during a working memory task. *Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience*, 8(3), 239–253.
- Folstein, J. R., & van Petten, C. (2008). Influence of cognitive control and mismatch on the N2 component of the ERP: A review. *Psychophysiology*, 45(1), 152–170.
- Friedman, D., Cycowicz, Y. M., & Gaeta, H. (2001). The novelty P3: An event-related brain potential(ERP) sign of the brain's

- evaluation of novelty. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 25(4), 355–373.
- Gehring, W. J., Goss, B., Coles, M. G. H., Meyer, D. E., & Donchin, E. (1993). A neural system for error-detection and compensation. *Psychological Science*, 4(6), 385–390.
- Gillam, R. B., Cowan, N., & Marler, J. A. (1998). Information processing by school-age children with specific language impairment evidence from a modality effect paradigm. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 41(4), 913–926.
- Gonthier, C., Macnamara, B. N., Chow, M., Conway, A. R. A., & Braver, T. S. (2016). Inducing proactive control shifts in the AX-CPT. *Frontiers in Psychology*, 7, 1822. doi: 10.3389/fpsyg.2016.01822
- Hämmerer, D., Li, S-C., Müller, V., & Lindenberger, U. (2010). An electrophysiological study of response conflict processing across the lifespan: Assessing the roles of conflict monitoring, cue utilization, response anticipation, and response suppression. *Neuropsychologia*, 48(11), 3305–3316.
- Hackett, T. A., & Kaas, J. H. (2004). Organization of the primate auditory cortex. In M. S. Gazzaniga (Ed.), *The Cognitive Neurosciences III*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Hogan, T. P., Adlof, S. M., & Alonzo, C. (2014). On the importance of listening comprehension. *International Journal of Speech-Language Pathology*, 16(3), 199–207.
- Isreal, J. B., Chesney, G. L., Wickens, C. D., & Donchin, E. (1980). P300 and tracking difficulty: Evidence for multiple resources in dual-task performance. *Psychophysiology*, 17(3), 259–273.
- Jonkman, L. M. (2006). The development of preparation, conflict monitoring and inhibition from early childhood to young

- adulthood; a Go/Nogo ERP study. *Brain Research*, 1097(1), 181-193.
- Kane, M. J., & Engle, R. W. (2003). Working-memory capacity and the control of attention: The contributors of goal neglect, response competition, and task set to Stroop interference. *Journal of Experimental Psychology: General*, 132(1), 47-70.
- Kamijo, K., & Masaki, H. (2016). Fitness and ERP indices of cognitive control mode during task preparation in preadolescent children. *Frontiers in Human Neuroscience*, 10, 441. doi: 10.3389/fnhum.2016.00441
- Kintsch, W., & van Dijk, T. A. (1978). Toward a model of text comprehension and production. *Psychological Review*, 85(5), 363-394.
- Kline, R. B. (2005). *Principles and practice of structural equation modeling* (2nd ed.). NY: The Guilford Press.
- Koechlin, E., Ody, C., & Kouneiher, F. (2003). The architecture of cognitive control in the human prefrontal cortex. *Science*, 302(5648), 1181-1185.
- Lin, H. Y., Lee, P., Chang, W. D., & Hong, F. Y. (2014). Effects of weighted vests on attention, impulse control, and on-task behavior in children with attention deficit hyperactivity disorder. *The American Journal of Occupational Therapy*, 68(2), 149-158.
- Locke, H. S., & Braver, T. S. (2008). Motivational influences on cognitive control: Behavior, brain activation, and individual differences. *Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience*, 8(1), 99-112.
- Lorsbach, T. C., & Reimer, J. F. (2010). Developmental differences in cognitive control: Goal representation and maintenance during a continuous performance task. *Journal of Cognition and*

- Development*, 11(2), 185–216.
- Lucenet, J., & Blaye, A. (2014). Age-related changes in the temporal dynamics of executive control: A study in 5- and 6-year old children. *Frontiers in Psychology*, 5, 831. doi: 10.3389/fpsyg.2014.00831
- Lucenet, J., Blaye, A., Chevalier, N., & Kray, J. (2014). Cognitive control and language across the life span: Does labeling improve reactive control? *Developmental Psychology*, 50(5), 1620–1627.
- Luck, S. J. (2014). *An introduction to the event-related potential technique* (2nd ed.). Cambridge, MA: MIT Press.
- Luna, B. (2009). Developmental changes in cognitive control through adolescence. *Advances in Child Development and Behavior*, 37, 233–278.
- Mahone, E. M., Pillion, J. P., Hoffman, J., Hiemenz, J. R., & Denckla, M. B. (2005). Construct validity of the auditory continuous performance test for preschoolers. *Developmental Neuropsychology*, 27(1), 11–33.
- Männel, C. (2008). The method of event-related brain potentials in the study of cognitive processes: a tutorial. In A. D. Friederici & G. Thierry (Eds.), *Trends in language acquisition research: Vol. 5. Early language development: Bridging brain and behaviour* (pp. 1–22). Amsterdam: John Benjamins Publishing Company.
- Miller, E. K., & Cohen, J. D. (2001). An integrative theory of prefrontal cortex function. *Annual Review of Neuroscience*, 24(1), 167–202.
- Miller, S. E., & Marcovitch, S. (2012). How theory of mind and executive function co-develop. *Review of Philosophy and Psychology*, 3(4), 597–625.

- Miyake, A., & Friedman, N. P. (2012). The nature and organization of individual differences in executive functions: Four general conclusions. *Current Directions in Psychological Science*, 21(1), 8-14.
- Miyake, A., Friedman, N. P., Emerson, M. J., Witzki, A. H., Howerter, A., & Wager, T. D. (2000). The unity and diversity of executive functions and their contributions to complex "frontal lobe" tasks: A latent variable analysis. *Cognitive Psychology*, 41(1), 49-100.
- Morales, J., Gómez-Ariza, C. J., & Bajo, M. T. (2013). Dual mechanisms of cognitive control in bilinguals and monolinguals. *Journal of Cognitive Psychology*, 25(5), 531-546.
- Morales, J., Yudes, C., Gómez-Ariza, C. J., & Bajo, M. T. (2015). Bilingualism modulates dual mechanisms of cognitive control: Evidence from ERPs. *Neuropsychologia*, 66, 157-169.
- Morse, P. A., & Cowan, N. (1982). Infant auditory and speech perception. In T. M. Field, A. Huston, H. C. Quay, L. Troll, & G. E. Finley (Eds.), *Review of human development* (pp. 32-61). New York: Wiley & Sons.
- Morton, J. B., Bosma, R., & Ansari, D. (2009). Age-related changes in brain activation associated with dimensional shifts of attention: An fMRI study. *NeuroImage*, 46(1), 336-358.
- Morton, J. B., & Munakata, Y. (2002). Active versus latent representations: A neural network model of perseveration, dissociation, and decalage. *Developmental Psychobiology*, 40(3), 255-265.
- Munakata, Y., Snyder, H. R., & Chatham, C. H. (2012). Developing cognitive control: The costs and benefits of active, abstract representations. In P. Zelazo & M. Sera (Eds.), *Developing Cognitive Control Processes: Mechanisms, Implications, and*

- Interventions*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Nieuwenhuis, S., Yeung, N., & Cohen, J. D. (2004). Stimulus modality, perceptual overlap, and the go/no-go N2. *Psychophysiology*, 41(1), 157-160.
- Nieuwenhuis, S., Yeung, N., van den Wildenberg, W., & Ridderinkhof, K. R. (2003). Electrophysiological correlates of anterior cingulate function in a go/no-go task: Effects of response conflict and trial type frequency. *Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience*, 3(1), 17-26.
- Nunez, L., & Srinivasan, R. (2006). *Electric fields of the brain: The neurophysics of EEG* (2nd ed.). New York: Oxford University Press.
- Oldfield, R. C. (1971). The assessment and analysis of handedness: The Edinburgh inventory. *Neuropsychologia*, 9(1), 97-113.
- Parks, E. L., & Madden, D. J. (2013). Brain connectivity and visual attention. *Brain Connect*, 3(4), 317-338.
- Peirce, J. W., & MacAskill, M. R. (2018). *Building Experiments in PsychoPy*. London: Sage.
- Penney, C. G. (1989). Modality effects and the structure of short-term verbal memory. *Memory & Cognition*, 17(4), 398-422.
- Polich J. (2007). Updating P300: An integrative theory of P3a and P3b. *Clinical Neurophysiology*, 118(10), 2128-2148.
- Polich, J. (2012). Neuropsychology of P300. In E. S. Kappenman & S. J. Luck (Eds.), *The Oxford Handbook of Event-Related Potential Components*. New York: Oxford University Press.
- Rauschecker, J. P., & Tian, B. (2000). Mechanisms and streams for processing of "what" and "where" in auditory cortex. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 97(22), 11800-11806.

- Redick, T. S. (2014). Cognitive control in context: Working memory capacity and proactive control. *Acta Psychologica, 145*, 1-9.
- Redick, T. S., & Engle, R. W. (2011). Integrating working memory capacity and context processing views of cognitive control. *Quarterly Journal of Experimental Psychology, 64*(6), 1048-1055.
- Richmond, L. L., Redick, T. S., & Braver, T. S. (2015). Remembering to prepare: The benefits (and costs) of high working memory capacity. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition, 41*(6), 1764-1777.
- Rosvold, H., Mirsky, A., Sarason, I., Bransome, E. D., & Beck, L. H. (1956). A Continuous Performance Test of Brain Damage. *Journal of Consulting and Clinical Psychology, 20*(5), 343-350.
- Rumelhart, D. E. (1980). Schemata: The Building Blocks of Cognition. In R. J. Spiro, B. C. Bruce, & W. F. Brewer (Eds.), *Theoretical Issues in Reading Comprehension* (pp. 33-58). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Shenhav, A., Botvinick, M. M., & Cohen, J. D. (2013). The expected value of control: An integrative theory of anterior cingulate cortex function. *Neuron, 79*(2), 217-240.
- Sloutsky, V. M., & Napolitano, A. C. (2003). Is a picture worth a thousand words? Preference for auditory modality in young children. *Child Development, 74*(3), 822-833.
- Srinivasan, M. A., Basdogan, C., & Wu, W. (1999). Visual, haptic, and bimodal perception of size and stiffness in virtual environments. *Proceedings of the ASME Dynamic systems and control division, 67*, 19-26.
- Tekok-Kilic, A., Shucard, J. L., & Shucard, D. W. (2001). Stimulus modality and Go/No-Go effects on P3 during parallel visual and auditory continuous performance tasks. *Psychophysiology, 38*(3),

578-589.

- Van Veen, V., & Carter, C. S. (2002). The anterior cingulate as a conflict detection: fMRI and ERP studies. *Physiology & Behavior*, 77(4-5), 477-482.
- Welsh, M. C., Pennington, B. F., & Groisser, D. B. (1991). A normative-developmental study of executive function: A window on prefrontal function in children. *Developmental Neuropsychology*, 7(2), 131-149.
- West, R. (2003). Neural correlates of cognitive control and conflict detection in the Stroop and digit location tasks. *Neuropsychologia*, 41(8), 1122-1135.
- West, R., & Bailey, K. (2012). ERP correlates of dual mechanisms of control in the counting Stroop task. *Psychophysiology*, 49(10), 1309-1318.
- Wolf, M. C., Muijselaar, M. M. L., Boonstra, A. M., & de Bree, E. H. (2018). The relationship between reading and listening comprehension: Shared and modality-specific components. *Reading and Writing*. Advance online publication. doi: 10.1007/s11145-018-9924-8
- Wright, K. W. (2006). Visual development and amblyopia. In K. W. Wright, P. H. Spiegel, & L. S. Thompson (Eds.), *Handbook of pediatric strabismus and amblyopia* (pp. 103-137). NY: Springer.
- Wright, M. J., Luciano, M., Hansell, N. K., Geffen, G. M., Geffen, L. B., & Martin, N. G. (2002). Genetic sources of covariation among P3(00) and online performance in a delayed-response working memory task. *Biological Psychology*, 61(1-2), 183-202.
- Zelazo, P. D. (2006). The Dimensional Change Card Sort (DCCS): A method of assessing executive function in children. *Nature Protocols*, 1(1), 297-301.

부 록

<부록 1> 아동 손잡이 검사

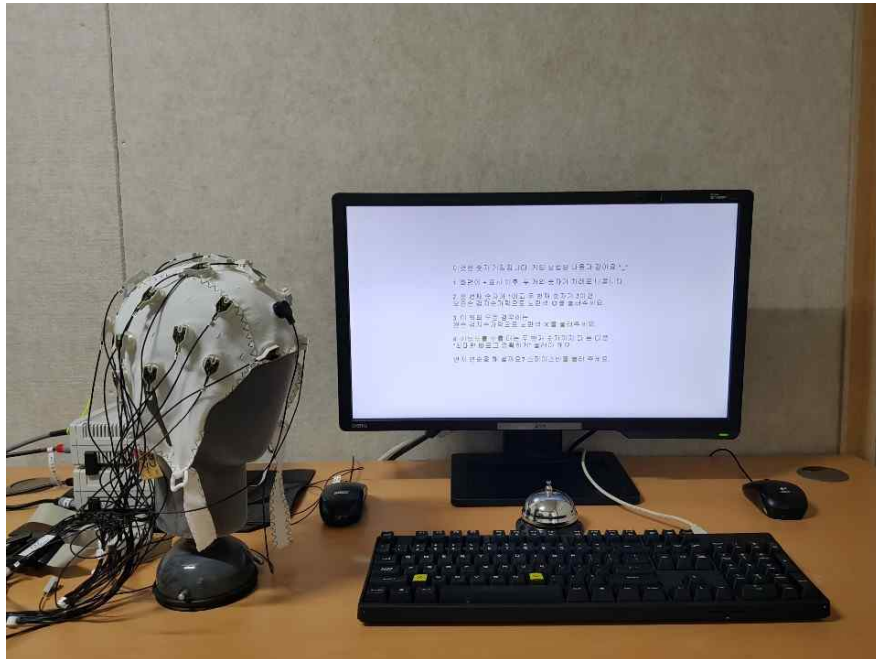
* 다음 문항에 대하여 연구 참여 아동의 해당 사항에 ✓ 표시를 해 주십시오.

	항상 왼쪽 (-2)	대체로 왼쪽 (-1)	양쪽 똑같이 (0)	대체로 오른쪽 (+1)	항상 오른쪽 (+2)
1. 글씨를 쓸 때 어느 쪽 손을 사용합니까?					
2. 그림을 그릴 때 어느 쪽 손을 사용합니까?					
3. 작은 공을 던질 때 공을 쥐는 손은 어느 쪽입니까?					
4. 종이를 자를 때 가위를 드는 손은 어느 쪽입니까?					
5. 양치질을 할 때 칫솔을 드는 손은 어느 쪽입니까?					
6. 나이프나 칼을 쓸 때 어느 쪽 손을 사용합니까?					
7. 밥을 먹을 때 숟가락을 드는 손은 어느 쪽입니까?					
8. 구슬에 끈을 꿰 때 끈을 잡는 손은 어느 쪽입니까?					
9. 테니스 또는 배드민턴을 할 때 라켓을 쥐는 손은 어느 쪽입니까?					
10. 병뚜껑을 열 때 뚜껑을 쥐는 손은 어느 쪽입니까?					

* 아래는 평가자 기록용이므로 기입하지 않으셔도 됩니다.

총점	손잡이		
	오른손잡이	총점 ≥ 8	

<부록 2> EEG 실험 세팅



<부록 3> AX-CPT 과제 자극 및 지시문

* 표적 조건이 1-3인 과제 예시

1. 시각과제



2. 청각과제



3. 과제 지시문

이것은 숫자 게임입니다. 게임 방법은 다음과 같아요 ^-^

1. 화면에 + 표시 이후, 두 개의 숫자가 차례로 나옵니다.
2. 첫 번째 숫자가 1이고 두 번째 숫자가 3이면
오른손 검지손가락으로 노란색 'O'를 눌러주세요.
3. 이 외의 모든 경우에는
왼손 검지손가락으로 노란색 'X'를 눌러주세요.
4. 키보드를 누를 때는 두 번째 숫자까지 본(들은) 다음
“최대한 빠르고 정확하게” 눌러야 해요.

먼저 연습을 해 볼까요? 스페이스바를 눌러 주세요.

<부록 4> EEG 프로토콜 양식

[피험자정보]

피험자코드		실험일시	
성별		생년월일	
손잡이	1) 오른손 2) 왼손	연령	만 세
시력	1) 왼쪽() 2) 오른쪽()	청력	1) 정상 2) 이상

[실험 프로토콜]

A. 실험준비

- impedance:
- 특이사항:

B. 실험과정

피험자코드	과제순서	파일명	특이사항

C. 기타 특이사항:

Abstract

The Cognitive Control Mechanism of Children in Visual and Auditory Processing: A Cognitive Neurological Study

Park, Saerom

Dept. of Child Development & Family Studies

The Graduate School

Seoul National University

This study aimed to investigate how cognitive control mechanisms differ in the processing of visual and auditory AX-CPT tasks in children through event-related potential (ERP) analysis. Based on the DMC (dual mechanisms of control) model, the ERP components for characteristics of goal activation (P3b), conflict detection (N2), and response inhibition (P3a), which are the sub-functions of cognitive control, were analyzed to identify the cognitive control mechanism (proactive control process or reactive control process) of children during each task.

The participants were 19 right-handed children who were 9–10 years of age and free from any vision and hearing problems. EEG responses were measured during the children's visual and auditory

AX-CPT tasks. EEG data were analyzed using the BrainVision Analyzer program to calculate grand average ERP waveforms. Statistical methods used for behavioral and ERP data analysis were descriptive statistics, repeated measures ANOVA, and paired t-test using the SPSS 23.0 program.

The major findings were as follows. First, the ERP analysis of the visual cognitive control processing of children showed that the amplitude of P3b was higher in the non-A cue and the amplitudes of N2 and P3a were higher in the AY condition. In other words, in the visual process, goal activation was performed efficiently in terms of processing contextual cues, and conflict detection and response inhibition were performed effectively under AY conditions. This result means that children use the proactive control process predominantly when dealing with visual stimuli.

Second, the ERP analysis of the auditory cognitive control processing of children showed that the amplitude of P3b did not differ by cue, N2 was not found, and the amplitude of P3a was higher under the BX condition. In other words, in the auditory process, goal activation appeared weak when processing contextual cues, conflict detection was not performed, and response inhibition was performed effectively under the BX conditions. This result means that children predominantly use the reactive control process to process auditory stimuli.

Third, the differences in cognitive control mechanisms based on visual and auditory processing can be attributed to the children's use of different control strategies depending on the stimulus modality to perform both tasks effectively. These differences showed that contextual information was used differently depending on visual and auditory processing. It also suggests that in terms of cognitive

processing directions, top-down strategies will be used by children when processing visual information and bottom-up strategies when processing auditory information.

This study identified characteristics of cognitive control sub-functions in children through cognitive neurological methodologies and revealed that cognitive control mechanisms differ depending on the stimulus modality. The results of this study presented neurological evidence supporting the DMC model. It also provided new empirical evidence to support the earlier studies that examine cognitive functions through visual and auditory processing work in different modules.

keywords : cognitive control mechanism, event-related potential (ERP),
proactive control process, reactive control process,
visual and auditory processing, AX-CPT

Student Number : 2011-30487